ポスター発表
Poster Presentations

場所：ポスター会場

日時：7月5日（土）

午後　13:00～14:00

7月6日（日）

午後　13:15～14:15

炭素 14 年代測定による先史古代竪穴住居の構築状況の研究

Study on Residential Construction from Dating of Pit Houses

小林謙一 （中央大学） Kobayashi ken`ichi(Chuo-University)

発表者は日本縄紋・弥生・古墳時代の集落遺跡における年代測定研究を重ねてきた。その中で、火災住居や重複住居群の複数の構築材の炭素 14 年代測定をおこない、構築状況の時間的検討を試みた。この研究では、山梨県北杜市堰口遺跡（縄紋時代中期）や東京都調布市入間町城山遺跡（弥生時代後期、奈良時代）の火災住居について、複数の構築材に対し、20～40 年輪の 10 年ごとの年輪試料の炭素 14 年代測定によるウイグルマッチング法による高精度年代測定をおこなった。

その結果、堰口遺跡の事例では、複数の炭化材のウイグルマッチの結果がおおよそ合致し床面出土藤内式土器などの年代観とも合致したのに対し、入間町城山遺跡の弥生・古墳時代それぞれの火災住居の複数の構築材のウイグルマッチの結果は、共伴する土器の年代観と合致する較正年代が得られると同時に、それらより数十年から 100 年ほど古い材が含まれていることが指摘できる。なお、弥生後期の火災住居の較正年代については、IntCal09 では全体に数十年程度の年代のズレが認められ、今村峯雄・坂本稔・尾嵜大真らによる日本産樹木年輪による、いわゆる「J-Cal」によるマッチングの検討が必要と認められた。

以上、縄紋時代中期の住居の構築材と、弥生・古墳時代に属する住居の構築材の年代組成に大きな違いが認められた。このことから縄紋中期と弥生後期～古墳時代に、住居構築材の準備または古材の再利用として、異なる材の選択基準があると予察する。炭素 14 年代測定を用いた先史古代集落研究に新視点を供すると考える。

本稿の研究は、基盤研究 C「炭素 14 年代による縄紋集落の研究」（課題番号 22520774, 平成 22～24 年度、研究代表小林謙一）、基盤研究 B「炭素 14 年代測定による縄文文化の枠組みの再構築」（課題番号 25284153,平成 25・26 年度、研究代表小林謙一）などの研究成果を用いている。研究には、国立歴史民俗博物館坂本稔、今村峯雄、山形大学、調布市遺跡調査会、北杜市教育委員会の協力を得た。

尾嵜大真・藤尾慎一郎・小林謙一・坂本稔・春成秀爾・今村峯雄・西本豊弘・松崎浩之・中村俊夫・光谷拓実 2008「P009 日本産樹木年輪試料の炭素 14 年代を用いた弥生後期から古墳時代初期の暦年較正」『日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集』,136-137

小林謙一 2004『縄紋社会研究の新視点—炭素 14 年代測定の利用—』六一書房

小林謙一 2012「日本先史・古代竪穴住居の構築材の年代測定による住居構築年の研究」『国立歴史民俗博物館研究報告』第 176 集,国立歴史民俗博物館,5-56

調布市遺跡調査会 2013『入間町城山遺跡-第 34 地点（NTT 東日本研修センタグランド部）の調査-』調布市文化財調査報告

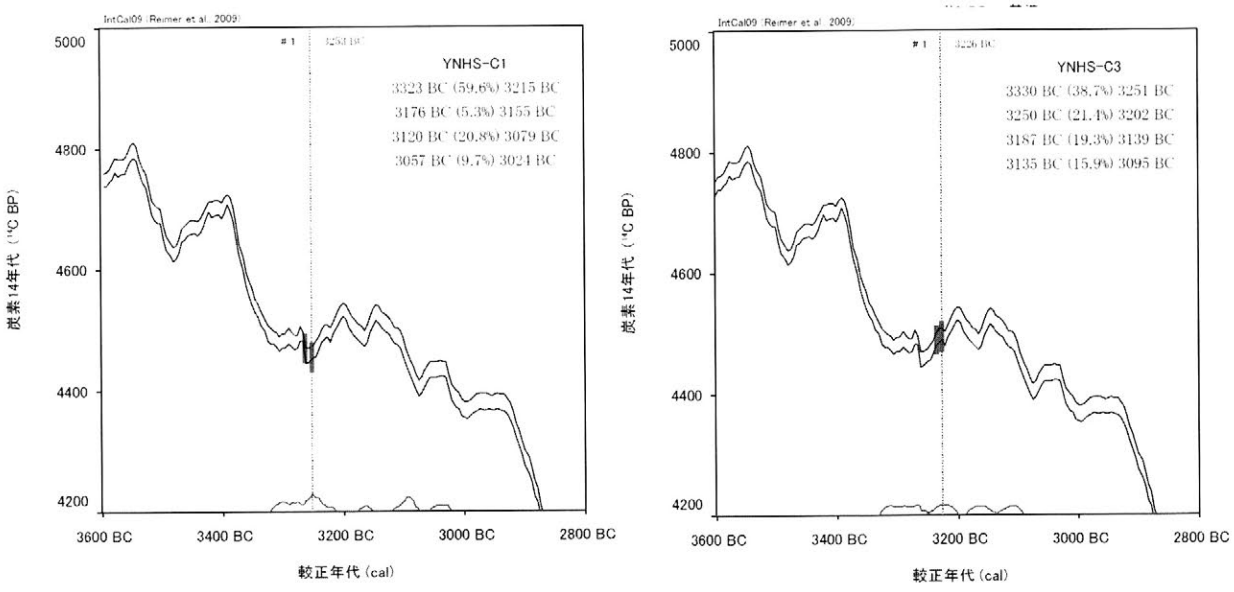


図1 北杜市堰口遺跡縄紋中期中葉 火災住 構築材炭素14年代測定

炭化材C1の2年輪試料およびC3の2年輪試料の年代値を見ると、ともに、おおよそ3200～3300 calBCころのIntCal09の曲線にもっともよく一致する。

なお、この住居の床面には藤内2式期（新地平8a期）の土器が遺存する。新地平8a期の推定年代は、3270-3200 calBCころ（小林2004）であり、住居が廃絶された年代として矛盾はない。

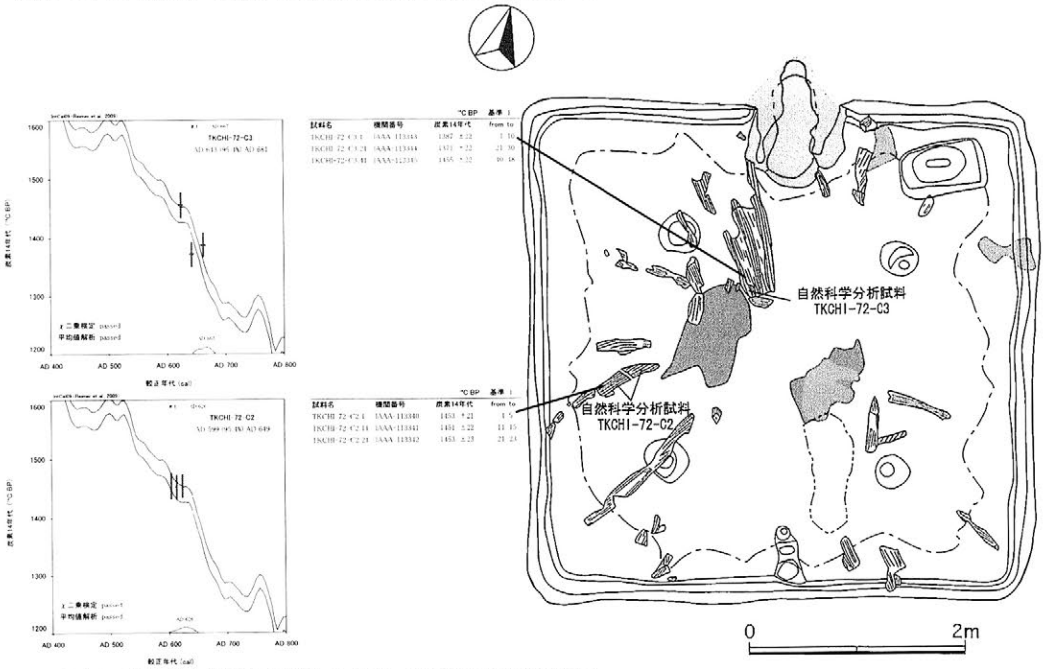


図2 調布市入間町城山遺跡第34地点SI-72住 構築材炭素14年代測定

出土土器から7世紀後半頃の火災住居と考えられる。炭化材C3は3年輪試料による最外年輪のベストフィットは667AD、C2は3年輪試料による最外年輪のベストフィットは626ADとなる。

古代クメール都市サンボー・プレイ・クック遺跡群の都城築造年代
Construction date of the Ancient Khmer City, Sambor Prei Kuk

○下田一太（筑波大学），チュン・メンホン，中川武（早稲田大学），
米延仁志（鳴門教育大学），原口強（大阪市立大学）

○Ichita SHIMODA (University of Tsukuba), Chhum MENGHONG, Takeshi NAKAGAWA (Waseda University),
Hitoshi YONENOBU (Naruto University of Education), Tsuyoshi HARAGUCHI (Osaka City University)

1. はじめに

カンボジアの国土のほぼ中央に位置するサンボー・プレイ・クック遺跡群は，チェンラ王朝（真臘）の首都イーシャナプラに比定されている。この王朝は9世紀から14世紀にかけてインドシナ半島を広く版図に治め，アンコール・ワットに代表される多数の記念建造物を残したアンコール王朝の前身である。漢籍史料や碑文史料から，この都市は7世紀初頭に王都としての繁栄を極めたことが推察され，インドからの建築・芸術文化を色濃く示す宗教施設群や，環濠に囲繞された一辺約2kmの方形都城址が残されている。この都城内には地上に残された煉瓦造遺構に加えて，近年の考古学的発掘調査により埋伏する遺構が発見され，多数の施設が集中していることが確認されている。こうした遺構や環濠の築造年代を解明するために，都城内においてM78/79に番付されている遺構と都城の環濠において発掘調査を実施し，堆積土層中より採取された木本植物由来の炭化物のAMS ^{14}C年代測定を行った。

2. M78/79サイトの年代測定

都城内にはオー・クル・カエと呼ばれる村が位置しているが，2012年2月に村民が都城内を南北に横断する道路を敷設した。新設された道路は約6m幅の土堤状のもので，その両側には幅50cm~2m，深さ40~140cm程の側溝が掘り下げられた。この側溝より複数の煉瓦造あるいはラテライト造遺構が発見され，カンボジア政府からの依頼もあり同年3月より4月にかけてサンボー・プレイ・クック遺跡群保全事業（早稲田大学とカンボジア文化芸術省との共同事業）は緊急の発掘調査を行った。調査の結果，それまでM78とM79と番付していた遺構が同一の周壁に囲繞された一施設を構成するものであったことが確認された。

周壁は煉瓦造によるもので南北約163m，東西約139mの規模であり，北辺中央には門（ゴープラ）が発見された。また，周壁内のほぼ中央からは煉瓦造遺構が出土した他，周壁内北西にも二基の煉瓦造遺構が確認された。一般的にクメールの寺院は東を正面とし，東西に長手の周壁を囲繞するのに対して，この遺構では東門は検出されず，また南北に長手軸をとっていることから，寺院とは異なって，都城内の官衙施設の一部をなすものと推察することもできる。

この遺構の築造年代を特定するために，周壁西辺に設けられたトレンチBより複数の炭化物を採取した(図1)。そのうち，5点（CH03, 04, 05, 06, 09）を年代測定に供した。暦年代への較正にはIntcal13 (Reimer et al., 2013)を用いた。CH3とCH5は周壁の基礎構造をなす土層より得られたものでこの周壁の築造年代を示す可能性が高い。CH3とCH5からは3世紀半ばから6世紀前半とかなり時期幅のある年代分析が得られ，都城の築造年代として推測されている7世紀初頭よ

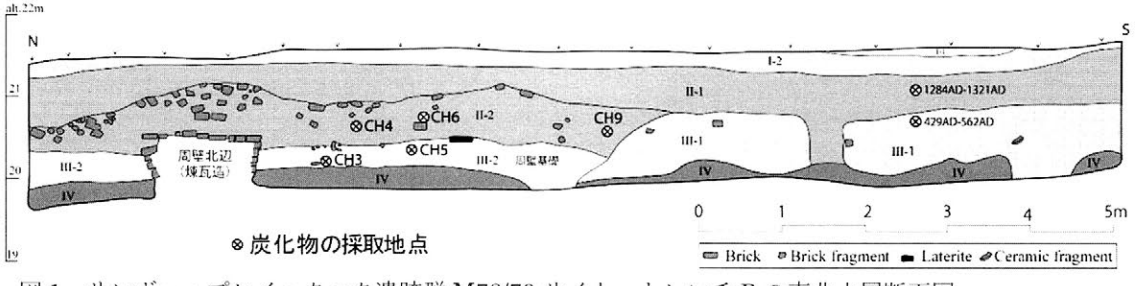


図1　サンボー・プレイ・クック遺跡群M78/79サイト　トレンチBの南北土層断面図

りも大きく遡る結果を示した。CH4, CH6, CH9 はこの遺構が利用されていた期間か，放棄されて以降の堆積層と考えられる。各試料によって示された年代は異なるが，土層の境界は必ずしも明瞭なものではなく，土層断面図による記録は暫定的なものと見做さざるを得ないことには注意が必要であり，5 世紀から 6 世紀の年代を示した CH4 は下層からの攪乱混入である可能性も考慮する必要がある。また，同トレンチの南側より採取した炭化物より AMS ^{14}C 年代測定を実施した久保らの分析結果も下層で 429-562AD，上層では 1284-1321AD の年代が示され，ほぼ同調する結果であるが（久保 et al., 2012），前者（下層の炭化物）については土層関係の解釈が難しく，周壁の築造年代との関係は不確かである。

3. 都城環濠の年代測定

環濠西辺中央付近（北緯 12° 15'38.1", 東経 105° 00'51.0"）において堆積土層を 70cm 掘り下げる発掘調査を行った。図 2 の L1，L2 が堆積層，L3 が地山であるから，L3 上面が環濠の底面であったと考えられる。2011 年には環濠の北辺に 6 箇所，西辺に 9 箇所，南辺に 5 箇所，南西角にて 1 箇所の計 21 箇所でボーリング調査を実施し，ほぼ共通する土層が確認され，環濠の堆積層下の地山は現地表より 1m に満たない深さで検出されることを確認している。堆積土層が薄いことから年代解像度は低いことが予想されたが，堆積土層の中でもできるだけ下方の炭化物を採取するよう努め，環濠の掘削年代に近似しうる堆積層の年代分析を試みた。

採取した炭化物のうち MT1, MT2, MT4 の 3 点の AMS ^{14}C 年代は，いずれも 350～550AD の年代を示した。上述の M78/79 サイトの炭化物による年代測定の結果と同様，予想された 7 世紀前半の築造年代よりも大幅に遡るものであった。また，久保らによる分析では，環濠西辺北端部のトレンチ深さ 60cm より得られた炭化物が 432-495AD (35.7%), 503-597AD(59.7%)，またやや南側の別トレンチでは深さ 50m の炭化物にて 898-920AD(13.3%)，946-1023AD(82.1%)，深さ 90cm において 782-790AD (1.8%), 809-979AD (93.6%)の結果を報告している（久保 et al., 2012）。ただし，後者 2 点は地山層とも推測される白色砂層からの炭化物であることに注意が必要である。

表 1　採取された炭化物の AMS ^{14}C 年代測定の結果

ID	Lab code	^{14}C date (BP)	Calibrated ^{14}C dates (cal AD) 2σ range
CH03	Poz-59279	1730 ± 50	144AD (0.9%) 154AD / 168AD (2.6%) 194AD / 210AD (91.9%) 415AD
CH04	Poz-59280	1540 ± 30	426AD (95.4%) 588AD
CH05	PLD-26162	1600 ± 20	406AD(44.4%)476AD / 484AD(51.0%)536AD
CH06	Poz-59281	1260 ± 30	668AD (85.3%) 778AD / 790AD (5.9%) 828AD / 838AD (4.2%) 864AD
CH09	Poz-59515	605 ± 30	1296AD (95.4%) 1406AD
MT01	Poz-59298	1585 ± 35	400AD (95.4%) 550AD
MT02	Poz-59238	1630 ± 50	260AD (2.3%) 280AD / 325AD (93.1%) 550AD
MT04	Poz-59299	1585 ± 30	406AD (95.4%) 544AD

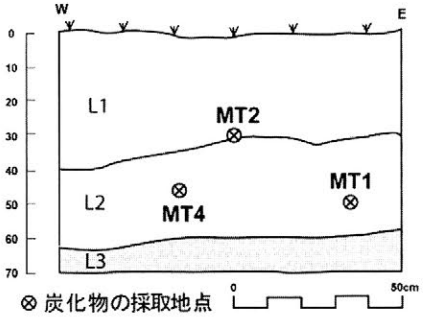


図 2　サンボー・プレイ・クック遺跡群環濠西辺トレンチの土層断面図

4. 今後の課題

計 8 点の年代測定の結果を本稿では示した。いずれの年代測定の結果ともに，これまでに想定されている都城の築造年代を遡るものであった。採取した炭化物の年代が，その堆積年代よりも遡ることは往々にしてあるが，予想された年代との時期差が大きいことには留意されよう。今後は遺物や遺構の様式編年にもとづく都城の年代構築に取り組むことが求められるが，こうした科学的な年代測定と連携した研究が望まれるところである。

謝辞

本報告は JSPS 科研費 24686068，21101002 の助成を受けたものである。また，サンボー・プレイ・クック遺跡群保全事業は住友財団「文化財維持・修復事業助成」の支援により進められている。ここに謝意を記したい。

Reimer PJ et al. 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55(4):1869–1887.

久保純子，南雲直子，チュン・メンホン，下田一太，ヒム・ソフォアン. 2012. カンボジア中部サンボー・プレイ・クック遺跡の都城内断面および環濠試料の ^{14}C 年代，日本第四紀学会.

岡山地域4古窯の考古地磁気方位測定と年代推定

Archeomagnetic measurements and chronology on four old kilns in Okayama region

○畠山唯達(岡山理科大学)、北原優(高知大学)、玉井優(岡山理科大学)、鳥居雅之(岡山理科大学)
○Tadahiro Hatakeyama (Okayama University of Science), Yu Kitahara (Kochi University), Yutaka Tamai (Okayama University of Science), Masayuki Torii (Okayama University of Science)

地球磁場（地磁気）は地球内部での電磁流体力学的機構によって生成されているため、絶えず変化をしている。そのうち地磁気方位の成分は双極子地球磁場による方位の周辺を百年に数度程度のペースで変化しているが、そこに規則性はほとんどない。これまでに、日本における過去数千年の被熱遺構に対する古地磁気学的研究が行われ、地磁気方位と強度に関するデータが蓄積されてきた。特に、過去2000年分については地磁気方位の変化履歴を表す地磁気永年変化曲線が提唱されている。それに加えて、年代が不明確な被熱考古遺跡に対して古地磁気学的測定を行って変化曲線と対比することで、年代推定を与える考古地磁気年代推定法も実践されてきた。しかし、変化曲線（標準モデル）はまだ確定的なものではなく、現在も新たなデータを追加したり、過去のデータを見直ししたりすることで、より良いモデルを作成する努力も続けられている。我々は、考古遺跡から採取した窯跡の床面試料を用いて古地磁気測定を行い、その考古学年代値との対比をして永年変化への新たなデータの供給をするとともに、年代推定法の吟味をも行っている。現在は岡山県南部のいくつかの窯跡から採取した試料についての測定をしており、方位測定についての結果が出そろってきたので今回報告する。

岡山県南東部の備前市周辺は、大阪府陶邑遺跡に代表される日本の須恵器の一大産地であり、特に今回対象としている備前市佐山地区は、現代の備前焼の中心地である伊部地区と一山隔てた隣の谷に位置していて須恵器と備前焼をつなぐ時代的にも地理的にも重要な地域である。我々は佐山地区の3古窯の床面から古地磁気測定用の試料を採取し、段階交流消磁を施しながら残留磁化方位の測定を行った。その結果、いずれの窯跡からも集中度が高い安定な古地磁気方位を得ることができた。いずれも操業が奈良時代後期と考えられる新池 1 号窯と東山窯からはそれぞれ偏角（東編が正）：$D = -14.0°$, 伏角（下向きが正）：$I = +51.2°$, 集中度パラメータ：$k = 307.0$, 95%信頼限界半径：$\alpha_{95} = 1.0°$、および、$D = -11.2°, I = +51.3°, k = 1485.2, \alpha_{95} = 0.8°$ というお互いに近接した方位を得た。一方、9~10 世紀に操業したと考えられる東山奥窯からは$D = -13.0°, I = +46.6°, k = 755.4, \alpha_{95} = 1.1°$ の方位であった。いずれも既存の地磁気永年変化曲線と大きく矛盾しない方位ではあるが、この時期の地磁気方位は変動速度が極めて小さく、時間分解能が悪いことが知られている。本研究によって得られた精度の良い方位データは、この時代のより詳細な地磁気変動を求めるうえで非常に有用であると考えられる。また、東山窯からは壁面上部から採取した試料についても古地磁気方位を測定したが、床面試料の古地磁気方位は異なるものであった。壁面の残留磁化も着磁した当初は床面と同じであったはずで、この違いは埋没時に起こった窯の変形（壁面が倒れたこと）に由来すると考えらえる。古窯の軸方向を回転軸とすれば、壁面は埋没時に約20°内側へ倒れたと解釈することができる。

里庄町の里見山中遺跡は室町時代後期（16 世紀後半）と推定される年代の遺跡で、ここからは瓦質土器窯が発掘されている。今回はこの窯の床面およびせりあがった壁面下部から試料を採取して古地磁気方位測定を行った。須恵器と比べると瓦質土器は焼成温度が低い軟質の土器である。磁気天秤を使用した加熱に対する飽和磁化の測定（Js-T）では明瞭なヘマタイトのシグナルが散見され、段階交流消磁実験でも交流消磁に対して安定であるヘマタイトの特徴が見られる試料があった。このことから瓦質土器の焼成環境は須恵器とは違い、多少参加的な状態であることが言える。また、床面・壁面下部の試料から、平均が$D = +2.3°, I = +43.6°, k = 533.0, \alpha_{95} = 1.5°$ という安定な残留磁化の方位を得ることができたが、この方位は既存の地磁気永年変化曲線からは若干ずれていることが分かった。窯内の各所から採取した試料ごとの残留磁化方位の分布が偏角方向に若干伸びていることから、この窯が操業後に変形を受けた可能性を示唆している。

本発表では、上記2地域4古窯の古地磁気方位測定結果と岩石磁気測定結果を示し、地磁気永年変化モデルとの比較を通して、当時の地磁気方位についての考察および考古地磁気年代推定について議論する。

日本産ツガ属の年輪年代測定（その７）
－四国地方の文化財建造物における調査－
Dendrochronology of Japanese Hemlocks 7;
Research on wooden historical buildings in Shikoku District

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

１．はじめに

これまでに奈良、大阪の近世前半の古建築から収集したツガ古材の年輪データは、今もなお年代が浮遊した状態にあり、伐採年の明確なツガ現生材から遡行することによるパターン接続が待たれている。とりわけ、近世後半頃の空白の解消が、かねてよりの大きな課題であった。

前回 30 回大会で報告した高知城の調査結果は、この懸案の解決が四国産の材によって実現される可能性を強く示唆するものであった。そこで、この地方の近世後半～近代の文化財建造物で重点的にデータの収集を進めた結果、パターンの接続自体は未達成であるが、この 1 年あまりで、双方の間に想定される時間的な空白が解消するまでに至っている。ここでは、新たに追加できた年輪データのうち、愛媛県、高知県の２例を取り上げ、その内容とパターン延伸の現状について報告する。

２．データ取得と処理の方法

本研究におけるデータの取得、すなわち年輪幅の計測や年輪パターンの比較、照合は、Baillie（1982）等をベースとした光谷らの方法（光谷ほか 1990）によった（照合の目安；重複年輪数 100 層以上、t=5.0 以上）。年輪幅の計測は、試料表面の画像をデジタルカメラで取得し、これを印刷出力したものから行った。この画像取得用の機材は、ソニーNEX-5N に各種マクロレンズ、アクセサリーを組み合わせて使用した。比較、照合の作業は主としてコンピュータ上で行い、年輪分析ソフト PAST4（オーストリア SCIEM 社）、および ExcelVBA による自作プログラムを適宜併用した。

３．調査の対象と取得年輪データ

・上芳我家住宅 離座敷（重要文化財、愛媛県内子町）

上芳我家住宅は、主屋ほか 9 棟の建物で構成されている。離座敷の具体的な年代は不明であるが、主屋の棟札に明治 27 年（1894）とあり、主屋と離座敷の中間に位置する産部屋の化粧垂木にも明治 36 年（1905）の墨書があることから、同様の時期（明治 30 年代）が考えられている（文建協 2011）。

離座敷の天井板はすべて当初材で、修理工事報告書ではモミとされているが、晩材幅と濃さが際立っており、外観上はツガと判断できる。合計 68 枚のうち、年輪を 100 層以上含んでいると判断した 29 枚を試料に選定し、取得した年輪データを総当たり比較に供した。その結果、すべてのデータをもとに、235 年分の平均値パターンを作成した。その最外年にはノタらしきものが認められる。

・旧立川（たじかわ）番所書院（重要文化財、高知県大豊町）

建物 1 棟からなり、18 世紀末～19 世紀初め頃の建築とされる（文建協 1983）。ここでは修理工事報告書の記載にしたがい、建物全体から 100 層以上の年輪を含むツガ古材を目視で探索し、上段の間の当初材を中心に 11 点を試料に選定した。そして取得した年輪データを総当たり比較した結果、試料 6 点についてデータの同調性を確認でき、これをもとに 279 年分の平均値パターンを作成した。

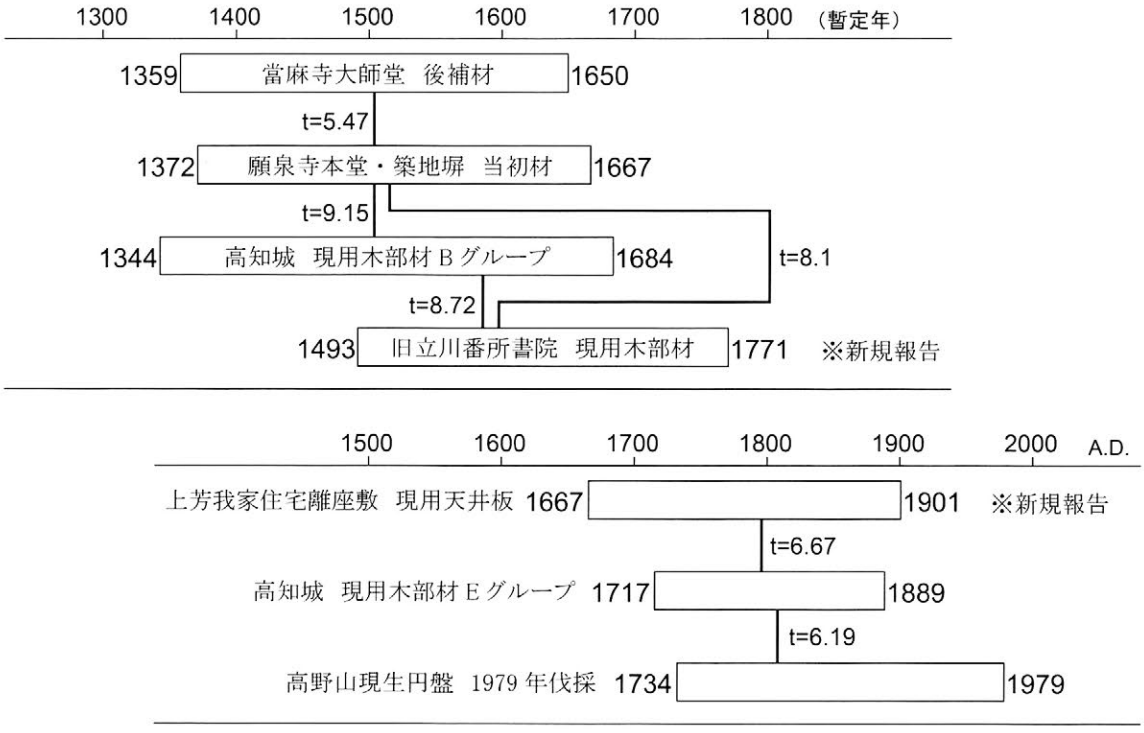


図　ツガ年輪パターンの延伸状況（2014年5月現在）

4．既存パターンとの照合とその評価

現生材との関連では、上芳我家住宅の平均値パターンと高知城現用木部材 E グループ（藤井2013）で照合が成立した（t=6.67）。この高知城のパターンは、高野山産の現生円盤（1979 年伐採）との照合により年輪年代が判明しており、上芳我家における最外年輪年代も 1901 年に求められる。

一方、古材に関しては、旧立川番所書院の平均値パターンと高知城現用木部材 B グループ（藤井前掲、t=8.72）、および願泉寺本堂・築地塀（t=8.1）の間で照合が成立した。願泉寺材は當麻寺大師堂の後補材とも同期しており、以前にヒノキの暦年標準パターンから當麻寺材に間接的にもたらされた仮の年代に基づくと、旧立川番所書院における最外年輪の形成年は 1771 年に相当する。

今回、新たに判明した上記の年代は、それぞれの建物の履歴と矛盾はない。上芳我家の天井板が実際はモミであったとしても、ツガとモミが矛盾なく同調していることになり、非常に興味深い。

これまで古材側に与えてきた仮の年代に誤りがないとすると、上芳我家住宅と旧立川番所書院の年輪パターンは、1667 年から 1771 年まで、105 年間重複していることになる。現状では両者の照合は直接には成立していない。これには重複期間の短さや、産地の違いも影響しているだろう。

両者をつなぐ時間幅をカバーする試料の探索が、目下のところの急務である。

なお、本研究の一部は科研費（課題番号 22760497、22500974）の成果による。

文献

Baillie, M.G.L. 1982 Tree-ring dating and archaeology. Croom Helm. London and Canberra
文化財建造物保存技術協会（編）1983『重要文化財旧立川番所書院保存修理工事報告書』高知県大豊町
文化財建造物保存技術協会（編）2011『重要文化財上芳我家住宅主屋ほか9棟保存修理工事報告書』愛媛県内子町
藤井裕之 2013「日本産ツガ属の年輪年代測定（その6）－高知城現用木部材の調査－」『日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集』pp.184-185
光谷拓実ほか 1990『年輪に歴史を読む－日本における古年輪学の成立－』奈良国立文化財研究所編　同朋舎出版

京都大学総合博物館所蔵コプト織物調査（3）放射性炭素年代

Research on Coptic Textiles in the Kyoto University (3) C14 dating

○横山 操（京都大学農学研究科）、坂本 稔（国立歴史歴史民俗博物館）、
村上由美子（総合地球環境学研究所）、東村純子（福井大学）、泉 拓良（京都大学大学院思修館）

1. はじめに

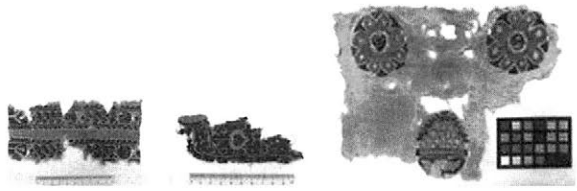
2011年の秋、京都大学総合博物館でエジプト考古資料の企画展が開催された。エジプト考古資料は約100年前に、イギリスから送られたもので、京都帝国大学考古学研究室の初代教授濱田耕作とロンドン大学教授のフリンダース・ペトリとの学術交流により充実したコレクションとなった。そのコレクションの一部であるコプト織物について、展示公開に際して、考古学・自然科学による調査を行った。結果の一部は2012年の本学会にて報告を行ったが、ここでは、前報告に続き、放射性炭素年代測定結果について述べる。

2. 目的

前報告で分光法を主体とする染料分析法を採用し、その結果、コプト織物の中に貝紫染めが含まれていることが確認された（登録番号〔1126〕8、資料Aと称す。）。貝紫染めのコプト織物は、世界的に見てもその類例は少なく、大変貴重な事例である。ただし、その出土地は不明である。また、オクシリンコス遺跡から出土した織物（登録番号〔2162〕2、7、それぞれ資料B、資料Cと称す）についても出土状況の記録がなく、年代を推定するための考古学的情報を欠いている。しかし、織物の文様表現に着眼すると、資料Cはビザンティン期、資料Bはイスラム期の所産と推定でき、前報告（2）において特に赤色の染料に関して、資料Cはアカネ、資料Bはラックという差異が確認できた。そこで、前報告（1）（2）で明らかにしたコプト織物の染め・織り技法との相関性に留意しつつ、従来の文様表現に基づく年代情報を裏付けるため、自然科学的手法での年代決定が必要であると考え、展示終了後、放射性炭素年代法による年代測定を実施した。

3．放射性炭素年代：試料と処理

ここでは、貝紫染めの資料Aを含むコプト織物資料の放射性炭素年代測定調査を目的として、資料本体に影響のない範囲で、試料採取を行った。年代測定を行った資料の外観を図1に示す。



登録番号〔1126〕8 A　登録番号〔2162〕2 B　登録番号〔2162〕7 C

図1　年代測定対象資料外観

国立歴史民俗博物館年代測定資料実験室では，前処理に先立ち，資料Aから貝紫染めされた経糸と染色されていない緯糸とを，光学顕微鏡下で分離した。各試料にはクロロホルム・メタノール1:1混液（CM混液），ならびにアセトンによる超音波洗浄を施したが，目視では染料の溶出は認められなかった。引き続き，炭素14年代測定試料に対して一般的に行われる酸・アルカリ・酸処理（AAA処理）を実施したが，事前の試験的な処理で毛試料のアルカリに対する溶出が認められたため，処理回数お

よび時間を調整・短縮した。処理には自動AAA処理装置[1]を用い，条件は表1の通りである。

前処理の終了した試料は(株)パレオ・ラボに送付し，測定試料となるグラファイト炭素の調製，および加速器質量分析法（AMS）による炭素14の測定を依頼した。

表 1：資料の一覧と前処理

資料	材質	超音波洗浄	AAA処理			
			1M HCl	1M NaOH	1M HCl	水洗
A	毛：経糸	CM混液：30分1回 アセトン：5分1回	30℃ 10分1回	30℃ 2.5分1回	30℃ 10分1回	30℃ 10分3回
	毛：緯糸					
B	毛		80℃ 10分1回	80℃ 10分1回	80℃ 10分1回	80℃ 10分3回
C	アマ					

4．結果と考察

放射性炭素年代測定の結果を表2に示す。機関番号は測定機関によって付された番号である。AMS測定は(株)パレオ・ラボのコンパクトAMS装置（米NEC社：1.5SDU）で実施された。炭素14年代は試料の炭素14濃度から計算されたモデル年代であり，較正曲線IntCal09[2]に基づき，OxCal[3]で較正年代に修正された。

表 2：放射性炭素年代測定の結果と較正年代

資料	材質	機関番号	炭素濃度 (w/w)	炭素14年代 (^{14}C BP)	δ^{13}C値 (AMSによる)	較正年代（確率）
A	毛：経糸	PLD-20795	44%	1610±20	-21.66±0.16	AD 408-535 (95.4%)
	毛：緯糸	PLD-20796	44%	1585±20	-14.39±0.18	AD 425-537 (95.4%)
B	毛	PLD-20793	41%	1200±20	-23.25±0.18	AD 776-887 (95.4%)
C	アマ	PLD-20794	40%	1625±20	-24.34±0.15	AD 386-466 (70.9%) AD 481-534 (24.5%)

資料Aでは，貝紫染めされた経糸と貝紫染めされていない緯糸が測定された。貝紫染めされた経糸の炭素14年代は海洋リザーバー効果の影響を受けて古くなることも予想されたが，両者の結果は測定誤差（1σ）の範囲内で一致した。一方で，AMSによる測定であるものの，両者の炭素の安定同位体比（δ^{13}C値）には有為な差が見られる。ただし，染色されていない緯糸がより大きな値を示していることからも，この値の違いは染料の影響よりも素材の違いが反映されていると考えられる。

資料A，資料Cの較正年代は5世紀前後にあり，ほぼ同時期の資料と考えられる。一方，資料Bの較正年代は8世紀後半～9世紀にある。コプト織物には、無装飾な布から、紫に白線の組み合わせ、次いで多彩色の文様の織り出しという変遷があることが梶谷により指摘されている[4]。これに基づくと、今回調査を行ったAおよびCはビザンティン期（前395～641）、Bはイスラム期（642～1250）にそれぞれ対応すると考えられ、年代測定結果と照らし合わせても矛盾はないものと考えられる。

炭素の安定同位体比（δ^{13}C値）に有意な差が認められ、素材の違いに起因するものと考えられたため、今後、素材についての検討を進めたいと考えている。

1 M. Sakamoto et al, 2004, Nucl. Instr. and Meth. B 223&224, 298-301.
2 P. J. Reimer et al., 2009. Radiocarbon 51, 1111-1150
3 C. Bronk Ramsey, 2009, Radiocarbon 51, 337-360
4 梶谷宣子,1981,コプト裂,染色の美 13, 5-77

含浸処理された糖を除いた木材の炭素 14 年代測定

Radiocarbon dating of preserved wood samples after the removal of impregnated sugar.

○坂本稔(国立歴史民俗博物館), 伊藤幸司(大阪文化財研究所),
今津節生(九州国立博物館)
○Minoru SAKAMOTO (National Museum of Japanese History), Koji ITO (Osaka City Cultural Properties Association), Setsuo IMAZU (Kyushu National Museum)

はじめに

炭素 14 年代測定において, 汚染物質として試料以外の炭素が混入していた場合, その影響を受けて試料本来の値と異なる測定結果を与えてしまう。そのため, 試料には原則として酸・アルカリ・酸処理(AAA 処理)を施して汚染物質を除く必要がある。一方, 出土した木製品などはその保存を目的として, 発掘後に保存処理にかけられることも多く, 炭素 14 年代測定の妨げとなっている。薬剤が石油などの化石燃料に由来する場合は炭素 14 年代が古くなり, バイオ製品など現在の物質に由来する場合は新しくなることが予想される。

木製品の保存処理に用いられるラクチトール, トレハロースなどの糖類が炭素 14 年代測定に与える影響を検討する目的で, 様々な方法で糖類の除去を試み, 測定値を比較した。

試料と処理

大阪文化財研究所において, 糖の含浸処理およびその抽出操作が行なわれた。まず, 同一のスギ材から採取した試料に対し, ラクチトール(1.), トレハロース(2.)それぞれを 55℃, 濃度 40%で 2 週間, 75℃, 濃度 70%で 2 週間含浸させた。60℃前後の水で洗浄し, 2 週間風乾した後, 55℃で 2 週間乾燥させた。さらに, 次の 2 通りの方法で糖が抽出・除去された。

a. お湯抜き:80℃の水を毎日交換しながら 7 日間浸漬

b. 高温高圧抜き:装置を用い, 水を交換しながら 121℃, 180 分の処理を 3 回

国立歴史民俗博物館では, 未処理試料(0.), 含浸試料(1., 2.), 抽出済試料(a., b.)それぞれを 5 年輪ずつ薄片に切削し, 有機溶媒洗浄(アセトン, クロロホルム・メタノール混液中での超音波洗浄), AAA 処理(80℃で 1M 塩酸処理を 1 時間 2 回, 1M 水酸化ナトリウム溶液処理を 1 時間 5 回, 1M 塩酸処理を 1 時間 3 回, 純水処理を 30 分 6 回)を施した。さらに糖の抽出・除去を行わなかった含浸試料は, サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)の協力を得て, 高速溶媒抽出(ASE)装置による洗浄(120℃で水抽出を 10 分間 3 回, アセトン抽出を 5 分間 2 回, トルエン抽出を 5 分間 2 回)実施した。

AAA 処理済試料を分取し, 塩素漂白によるリグニン除去を実施した。亜塩素酸ナトリウムから発生させた塩素処理を 70℃で 1 時間 5 回, 17%水酸化ナトリウム溶液処理を 80℃で 1 時間 2 回実施し, 希塩酸で中和した後, 純水で十分に洗浄してセルロースを回収した。

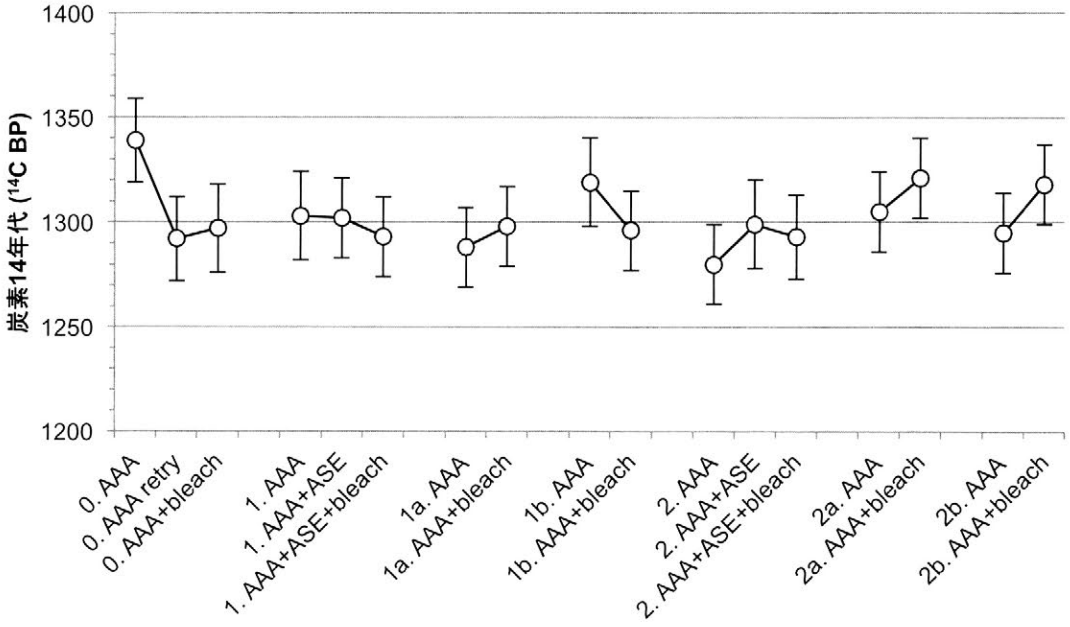


図 1 抽出・前処理操作の違いによる炭素 14 年代の比較

結果と考察

前処理を施した各試料は，(株)パレオ・ラボに送付し，測定試料となるグラファイトの調製と加速器質量分析法(AMS)による炭素 14 の測定を依頼した。結果を図 1 に示す。

炭素 14 年代は，いずれの試料も測定誤差の範囲で一致した。共通して行われたのは有機溶媒洗浄と AAA 処理であり，この操作により含浸された糖はほぼ除かれたと考えられる。むしろ試料の不均一性や測定の再現性の影響の方が大きいように見える。例えば 0. AAA は他よりもやや古い炭素 14 年代を示したが，再処理・再測定の結果(0. AAA retry)，他の試料とほぼ一致した。測定は 5 年分の年輪層を 1 試料として実施したが，試料が均一でなく炭素 14 濃度の年変動を現してしまったと考えられる。

今回の結果は，ラクチトースやトレハロースを含浸した木材は，AAA 処理とそれに先立つ有機溶媒洗浄で除去できることを示した。糖の抽出・除去操作，あるいは塩素漂白や ASE 装置による洗浄についても測定値が一致したことから，操作時の汚染は無視できることが分かった。ただし，同様に木材の保存処理に用いられる PEG は，除去が困難なことも報告されている(西本ほか，名古屋大学加速器質量分析計業績報告書 22: 94-98, 2011)。炭素 14 年代測定における保存処理の影響は，引き続き検討が必要である。

ASE 装置のデモンストレーションを快諾くださった，サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)に感謝します。炭素 14 年代測定は，国立歴史民俗博物館共同研究「年代情報に基づく木材の利用・活用に関する横断的研究」(研究代表者 坂本稔)による。

山形県白鷹町相応院蔵・笈の年輪年代測定

Dendrochronological dating of an oi (traveling monk's back-carrying tool) from Sououin, Yamagata Prefecture

○大山幹成（東北大学学術資源研究公開センター植物園）、岡田靖（東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター）、宮本晶朗（早稲田大学演劇博物館）

1. はじめに

山形県白鷹町にある相応院は、道智上人開山の真言宗の寺院である。この寺院には、道智上人所用との寺伝が残る笈が伝えられている。笈とは、経巻、仏具、衣服、食器などをいれて背負う道具であり、このうち特に修験者が用いた笈を山伏笈という（高橋 1990）。

相応院蔵の笈は、箱型の山伏笈であり、扉などの主要部材が失われているものの金具貼付式の特徴を持ち、かつ全体のサイズ（総高 68cm）などから、最古の紀年銘を持つ慈光明院笈（永享二年（1430 年）銘）に先行すると考えられてきた（高橋 1990）。また、この笈は、応永年間（1394-1427）に道智上人が奉納したとの伝承がある。

本研究では、この笈の樹種同定および年輪年代測定を行った結果について報告する。

2. 試料と方法

樹種同定試料は、脚の部分より、自然脱落した剥片を採取した。この剥片より、徒手切片法を用いて、3 断面の薄切片を作製し、プレパラート標本を作製した。これを光学顕微鏡で観察し、樹種同定を行った。他の部材については、剥片が得られなかったため、目視観察により、脚部分と同一の針葉樹材と推定した。

笈の部材を観察し、柾目板で年輪数が多い部材 2 点（背板および右側面の側板）を計測対象として選定した。両部材とも辺材は認められなかった。デジタルカメラ（ニコン製 D800E）を用いて、スケールを写し込みながら、解像度が 1200dpi 以上になるよう計測用画像を撮影した。背板は割れや汚れなどが見られたため、複数の測線を設定した。

年輪画像計測用ソフトウェア Coorecoder(Cybis 社製、ver.7.6)を用いて、計測用画像から年輪幅を計測した。得られた年輪幅時系列データについて、部材間および各地の標準年輪曲線とクロスデーティングを行い、年代測定を実施した。クロスデーティングは年輪考古学分野の常法（Baillie 1982, 米延ほか 2010）に従い、ソフトウェア PAST5(SCIEM 社製)を用いた。

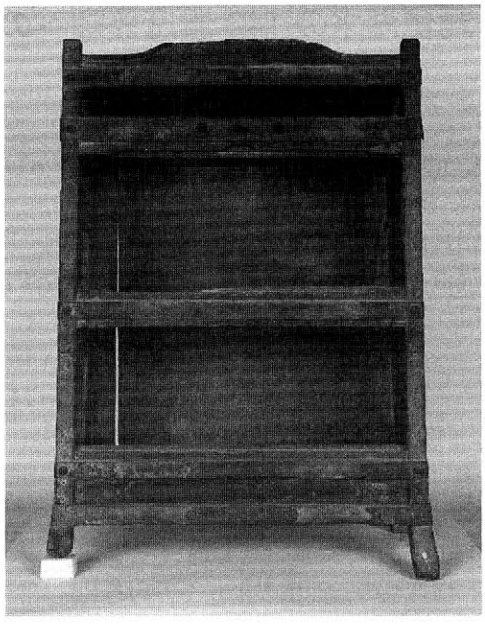
3. 結果と考察

樹種同定の結果、脚の樹種は、ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）であった。ヒノキは、福島以南に分布する針葉樹であり、山形県は分布域外である。従って、相応院の笈は、製品あるいは材料が他地域から持ち込まれたと考えられる。

背板の年輪数は、656 年と極めて多く、平均年輪幅は、0.63mm であった。一方、側板の年輪数は、271 年で、平均年輪幅は 0.63mm であった。この年輪幅時系列データについて、複数の標準年輪曲線および現生ヒノキ（通称、大ヒノキ、岐阜県産）とクロスデーティングを行ったところ、両者とも、近畿地方若しくは中部地方由来と推定される複数のヒノキ属の標準年輪曲線および大ヒノキと照合が成立した。

背板の年輪年代は、AD 834-1489 年であり、各標準年輪曲線との間の t_{BP} 値は、護国寺月光殿（tkgk）と 16.5（overlap = 615 年）、瑞巌寺（mgzi）と 12.9（ol = 573 年）、八丁堀三丁目遺跡（tkht）と 11.1（ol = 653 年）と極めて高く、かつグラフの目視結果も良好であった。また、大ヒノキとは、t_{BP} = 6.1（ol = 369 年）であった。

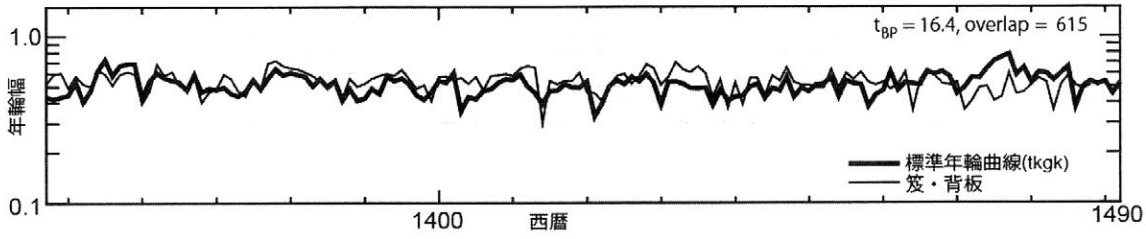
一方、側板の年輪年代は、AD1178-1449 年であり、各標準年輪曲線との間の t_{BP} 値は護国寺月光殿（tkgk）と 11.1（overlap = 270 年）、瑞巌寺（mgzi）と 9.7（ol = 270 年）、八丁堀三丁目遺跡（tkht）と 6.0（ol = 270 年）と十分に高く、かつグラフの目視結果も良好であった。また、背板と側板の照合もこの年代位置で成立し、t_{BP} = 8.5（ol = 270 年）であった。



山形県相応院の笈

両部材にはいずれも辺材が存在していないため、伐採年代の推定には、上記の最外年輪の年代に、切削された辺材部と心材部の年輪を加算する必要がある。切削された心材部の年数は、推定不可能であるが、辺材部の年輪数については、平均樹齢 250 年のヒノキ 112 点の場合、50.6±16.7（1σ 範囲）年（奈良文化財研究所 1990）であるため、伐採年代としては、1489 年に少なくとも上記年数を加算する必要がある。そのため、部材の平均年輪幅が狭いことも考慮すると、背板の伐採年代としては 16 世紀後半以降と想定するのが妥当である。

本研究で得られた年代値は、相応院の笈が、慈光明院笈（永享二年（1430 年）銘）に先行する、とする従来の様式論の見解と整合しない結果となった。相応院の笈は 15 世紀初め頃の形態を持つように見受けられるが、実際には古式な形態が 16 世紀後半までも残存していた作例、と考えられよう。いずれにせよ、笈の研究、特に、形態変遷の研究については、まだ発展途上の段階であり、今回の事例や新たな事例を踏まえて、今後、検証を進める必要があると考えられる。



笈・背板と標準年輪曲線(tkgk)の年輪幅グラフ

4. 引用文献

高橋あけみ（1989）東北地方における山伏笈. 仙台市博物館調査研究報告, 10: 1-20.

奈良国立文化財研究所（編）.（1990）年輪に歴史を読む-日本における古年輪学の成立-, 195p, 同朋舎.

米延仁志・大山幹成・星野安治・光谷拓実・Eckstein D.（2010）年輪年代学におけるクロスデーティングのガイドライン-日本産材を用いた方法論の分析とモンテカルロシミュレーションによる統計的クロスデーティングの再検討-. 考古学と自然科学, 60: 1-12.

Baillie MGL.（1982）Tree-Ring Dating and Archaeology. The University of Chicago Press, 274p, Chicago.

琵琶湖水の 14C 濃度変動への Dead Carbon Source の寄与と炭素年代測定への影響

Contribution of dead carbon source to fluctuate DI^{14}C at Lake Biwa and its effect of radiocarbon dating

○宮田佳樹（金沢大学）、荒巻能史（国立環境研究所）、南雅代・太田友子（名古屋大学）、遠部慎（北海道大学）、坂本稔・今村峯雄（国立歴史民俗博物館）、中村俊夫（名古屋大学）

○Yoshiki Miyata (Kanazawa University), Takafumi Aramaki (National Institute for Environmental studies), Masayo Minami, Tomoko Ohta (Nagoya University), Shin Onbe (Tokushima University), Minoru Sakamoto, Mineo Imamura (National Museum of Japanese History), Toshio Nakamura (Nagoya University)

1. はじめに

滋賀県の総面積の 1/6 を占める琵琶湖は，日本最大の湖である（Fig. 1 参照）。集水域は滋賀県全体とほぼ一致していて，その形は，湖を中心に平野が広がり，その外側に分水嶺が囲む同心円状の構造をしている。また，流入する一級河川は 125 本あるが，全て北湖（湖の容積の 99%以上を占める）へ注ぎ，その水は，平均水深 4m と浅い南湖，唯一の流出河川である瀬田川へと続く，比較的単純な水理構造をしている。

シジミなどの貝類は，その炭酸塩骨格に生息域の溶存無機炭素(Dissolved Inorganic Carbon: DIC)を $CaCO_3$ として固定する。したがって，貝殻の 14C 濃度を調べることにより，その貝が生息している水域の DI^{14}C 濃度を推定できる。そこで，琵琶湖水中の DIC 中の炭素 14 濃度(DI^{14}C 濃度）を琵琶湖の湖底遺跡である粟津湖底貝塚出土セタシジミと炭化材のペアおよび，(採集年代既知の）現生セタシジミなどの貝殻の炭素 14 濃度から推定し，湖水の炭素 14 年代（DI^{14}C 年代）が同時代の大気に比べてどの位（見かけ上）古い炭素年代を示すのかを調べ（淡水リザーバー効果），琵琶湖水圏環境における炭素年代測定への影響を評価した。その結果，縄文時代中期

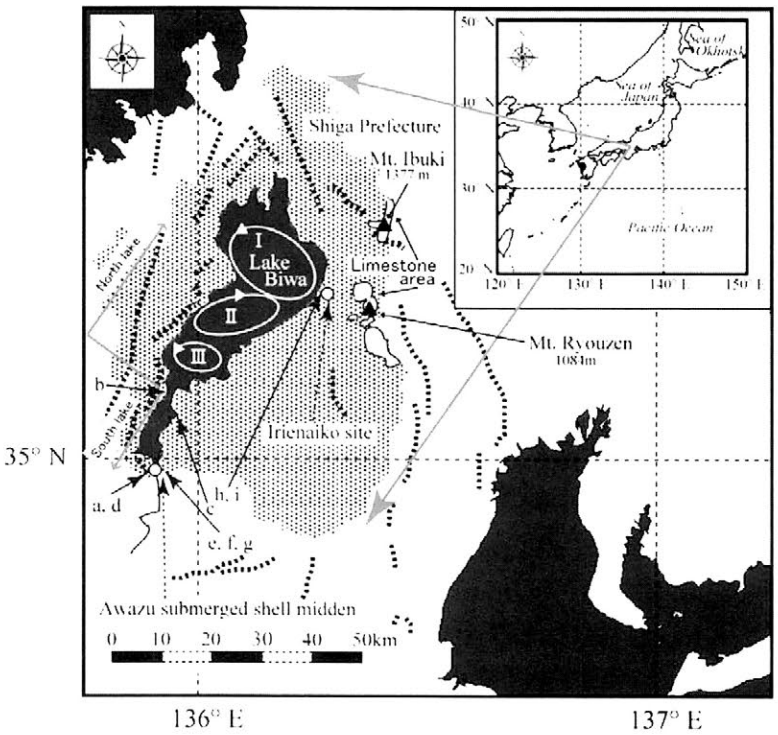


Fig. 1. Sampling locations in Lake Biwa. This figure was modefied after Miyata et al. (2013).
a: Offshore Ootsu Water Research Station; b: Ootsu City Katata; c: Kusatsu City Tsutae;
d: near submerged Awazu shell midden; e: Ootsu City Setakarahashi; f: Ootsu City Karahashikouen;
g: Ootsu City Setasouteijyou; h: Hikone City Matsubara beach; and i: Hikone City Offshore Matsubara.
I, II, III means gyres in lake surface layer. Lake catchment covered by screen tone, is
almost coincides with the area of Shiga Prefecture and Limestone area was surrounded by grey zone.

(3300～3200 cal BC) から現在まで DI^{14}C の炭素年代が同時代よりも 330～450 炭素年古い値を示す淡水リザーバー効果が持続している可能性を指摘した (Miyata et al., 2013)。一方, 1914 年～2000 年までの統計データによると (国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務局ホームページ), 近年の琵琶湖水の平均滞留時間 (τ (年) = 湖水量(V)/河川流入量(V/年)) は 3-6 年, 流入量を考慮しても 30 年程度である (江南, 2012)。したがって, 330 年～450 年という湖水のリザーバー効果を説明することはできず, 何らかの古い炭素が琵琶湖水に供給されなければならない (Miyata et al., 2013)。

本研究では, この湖水のリザーバー年代を示す原因を説明するために, 琵琶湖水圏環境において, 主たる Dead Carbon source である伊吹山, 霊仙山などの石灰岩地帯を起源とする河川水, 地下水などから供給される古い炭素の寄与(Dead Carbon Source 換算)を, 伊吹山系の湧水や姉川などの河川水の DIC, DI^{14}C 濃度を測定し, 琵琶湖のシンプルな水理構造を利用して, ボックスモデルで計算した。得られたモデルの計算結果を, 縄文時代中期以降 5000 年間の琵琶湖周辺環境の変遷の視点から解釈し, 炭素年代測定への影響を評価した。

2. 方法

粟津湖底遺跡出土セタシジミ, 炭化材, 獣骨, 現生貝類, アシ, 松葉, 伊吹山系の河川水, 湧水中の DIC の炭素 14 年代 (炭素 14 濃度) を名古屋大学年代測定総合研究センター, パレオ・ラボ社の AMS で測定した。

3. 結果と考察

粟津湖底貝塚出土セタシジミと炭化材のペアおよび, (採集年代既知の) 現生セタシジミなどの貝殻の炭素 14 濃度から推定した湖水の淡水リザーバー効果の大きさ(見かけの炭素年代差)は粟津湖底遺跡の時代と現代を比べても同程度と推定されるが, Dead Carbon Source の寄与は, 一定でない可能性が高い。ボックスモデルによる計算では, Dead Carbon Source の割合を～12%とすると, (現生セタシジミ殻の炭素 14 濃度から推定した) 大気圏核実験の影響を受けた 1950 年代以降の琵琶湖水の DI^{14}C の変遷をうまく説明できる。しかし, その場合には, 粟津湖底遺跡の存在した 5000 年前の淡水リザーバー効果が 800-900 炭素年と DI^{14}C 濃度が古くなりすぎる。

一方, Dead Carbon Source の割合を～4%とすると, 5000 年前の淡水リザーバー効果は 300-400 炭素年程度に収束するが(粟津湖底遺跡出土セタシジミと炭化材のペアの炭素年代差から推定), 大気圏核実験以降の湖水の DI^{14}C 濃度変化曲線とはうまく適合しない。したがって, 粟津湖底遺跡の時代と現代の湖水の淡水リザーバー効果の大きさ(見かけの炭素年代差)は同程度と推定されるが, Dead Carbon Source の寄与は, ～4%から現代の～12%程度まで増大している可能性がある。例えば, この現象は, 森林伐採や石灰岩の採集によって, 石灰岩地帯の山が禿げて, 酸性雨の影響を受け, 石灰岩がよく溶けるようになった。あるいは, 集水域の人為汚染の影響を受け, Dead Carbon Source がより琵琶湖に供給されるようになった, 現代における環境変遷の結果を捉えているのかもしれない。

これは琵琶湖生態系に属する生物を摂取する(人間を含む)動物を年代測定する際に大切な知識である。このような視点は, 琵琶湖以外の様々な淡水湖, 沼などの水圏環境において年代測定へ影響を与える, リザーバー効果に対する我々の理解が深めさせ, 炭素年代測定をさらに有効に活用していく際に重要な指針となるであろう。

窒素・炭素安定同位体比から考える韓国出土炭化穀物の栽培環境

Nitrogen and Carbon Isotope Analysis of Charred Grains unearthed from Korea for Reconstruction of Cultivation Environment

○庄田慎矢（奈文研）・米田穣（東大博物館）・那須浩郎（総研大）・
羅建柱（錦江文化遺産研究院）・安承模（圓光大学校）

朝鮮半島においては、少なくとも青銅器時代（紀元前2千年紀後半～紀元前1千年紀前半）の始まりから稲作が営まれていたことが確認されているが、青銅器時代前期の稲作については水稲ではなく陸稲、特に焼畑によるものであるという見解（朴1999；安在2000）と、それに反対する見解（安承2000）に分かれている。この状況は、日本における縄文農耕論をめぐる議論とも密接に関連するため、単に隣国の問題にとどまらない。本発表では、韓国の出土炭化穀物の窒素・炭素安定同位体比分析によって、イネの栽培形態を陸稲とする見解について検証する。なお、発表者らはすでに2011年にこの研究の中間成果を発表している（庄田ほか2011）が、今回は追加測定のデータを補完し、新たな見解を提示する。

対象とした試料は忠清南道天安市白石洞コジェミゴル遺跡（呉ほか2009）出土の炭化イネ頴果およびアワ頴果（青銅器時代前期）、全羅北道完州市龍興里遺跡（安・安2008）出土の炭化イネ頴果およびコムギ頴果、アズキ種子（原三国時代）である。試料は全て遺構出土でコンテクストの明らかなものであるが、混入の可能性を排除するためにAMSによる^{14}C年代測定を行った。測定は（株）古環境研究所に委託し、パレオ・ラボAMS年代測定グループによって行われた。結果、それぞれの遺跡・遺構の年代と矛盾なく合致することを確認した。

次に、窒素・炭素安定同位体比の測定を、国立環境研究所および東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室において行った。測定に用いた機械はそれぞれ、元素分析計Carlo-Erva NA1500を接続した同位体比質量分析計 Finnigan MAT252 (EA-IRMS)、元素分析計 Thermo Flash 2000 elemental analyzer－インターフェース Finnigan ConFlo III interface－同位体比質量分析装置 Thermo Delta V mass spectrometer である。測定値については、炭化過程や埋没過程における同位体比の変動を想定する必要があるが、その程度を具体的に評価するのは現段階では難しいため、同遺跡・同遺構から一括して出土したもの同士を比較することで、上記のバイアスを最小限に抑えた。

測定の結果、青銅器時代の白石洞遺跡では、C3植物のイネとC4植物のアワで炭素同位体比に明確な違いが現れただけでなく、窒素同位体比においてもイネがアワよりも2～3‰高くなる傾向が見られた。また、原三国時代の龍興里遺跡では、イネ、コムギ、アズキがそれぞれ異なるまとまりを示し、その窒素同位体比はアズキ、コムギ、イネの順に高くなる。アズキの窒素同位体比が低くなっているのは、マメ科植物の窒素固定作用のためと推測される。イネがコムギよりも高い窒素同位体比の値を示すことは、このデータのみから即断はできないものの、畠での栽培

説には不利な材料となる。

イネのうちでも水稲は嫌気的な環境で育成されるため、嫌気性微生物の作用である脱窒の影響をうけ、その窒素同位体比が、陸稲や他の畠作物よりも高くなる。例えば米山らによる実験では、水稲の $\delta^{15}N$ が＋3.6～+5.5‰であるのに対し、陸稲は－0.6～＋1.4‰であり、後者の値は陸生植物であるモロコシの－1.0～＋1.4‰に近い（Yoneyama et al. 1990）。

以上、青銅器時代および原三国時代の炭化穀物試料について窒素・炭素安定同位体比の測定を行った結果、より多くのデータからの検証が必要ではあるものの、イネがアワ・コムギ・アズキなどの畠作物と同じ栽培環境にあったとは判断しにくい結果が得られた。また、水稲の普及以前との主張もある青銅器時代前期のイネと普及以後の原三国時代のイネとの間に、安定同位体比上の有意な差は見られなかった。

考古学的事象の検討からは、集落の継続期間こそ青銅器時代後期になって長期化するものの、土器の器種構成や石器の組成は前・後期の間で大きな差はない（庄田 2009）。これを考え合わせると、青銅器時代前期＝焼畑による陸稲、後期＝水田による水稲という考え方は、再考を要するであろう。

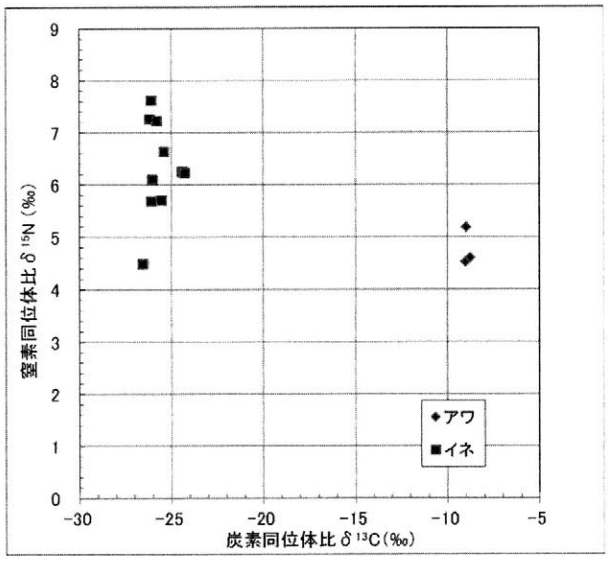


図 1　白石洞遺跡出土炭化穀物の安定同位体比

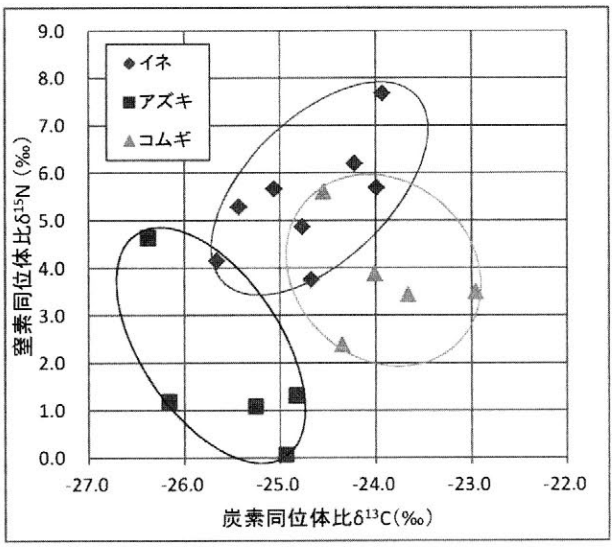


図 2　龍興里遺跡出土炭化穀物の安定同位体比

引用文献

安在晧 2000「韓國 農耕社會의 成立」『韓國考古學報』34
安承模 2000「稻作의 出現과 擴散」『韓國 古代의 稻作文化』국립중앙박물관
安承模・安鉉重 2008「完州龍興里住居址出土種子分析」『完州龍興里遺跡』全北文化財研究院
吳圭珍・李販燮・裵相勳・安星泰・崔慶淑 2009『天安白石洞고재미골遺蹟』忠清文化財研究院
庄田慎矢 2009『青銅器時代의　生産活動과　社会』書景文化社
庄田慎矢・米田穣・那須浩郎・羅建柱・安承模 2011「安定同位体分析から考える先史農耕における陸稲と水稲」『国際シンポジウム　東アジア植物考古学研究の現況と課題』ソウル大学校人文学研究院・考古美術史学科・熊本大学文学部
朴淳發 1999「欣岩里類型 形成過程 再檢討」『湖西考古學』1
Yoneyama, T., Kouno, K. and Yazaki, J. 1990: Variation of Natural 15N Abundance of Crops and Soils in Japan with Special Reference to the Effect of Soil Conditions and Fertilizer Application. *Soil Sci. Plant Nutr.* 36(4)

千葉県内の遺跡から産出した環境指標としての鳥類化石群

Bird fossil assemblage as environmental indicator found from remains in Chiba prefecture

○平塚直史（日本大学大学院）・江口誠一（日本大学）
桑原和之（千葉県立中央博物館）・箕輪義隆（千葉市野鳥の会）

1．はじめに

古環境復元において，花粉化石や大型植物化石，植物珪酸体化石などを用いた復元が行われている．しかし，これまで陸域と海域の双方の環境を考える際，一部を除き動物と植物を個別に分けて扱われてきた．たとえば，陸域においては花粉や植物珪酸体などを産する陸上植物，海域では貝類や珪藻類などの海洋生物と，それぞれで異なる動植物を用いて古環境復元が行われてきた．そのため，これらを同一の生物化石で捉えた復元はほとんど行われていない．動物の中でも特に鳥類は，その双方に生息し，砂堆域，湿地・淡水域，海域などの地形環境により，種ごとの生息域が異なる．よって，鳥類化石はそれらを共通の視点で復元する環境指標と考えられる．

過去の鳥類相の把握は，地層中から産出した鳥類化石に頼らざるを得ない．日本の土壌の特徴として酸性土壌であることが挙げられ，鳥類などの動物の骨は分解が進み，保存されにくい．しかし，貝層を含む貝塚遺跡においては弱アルカリの環境なので，遺構や土器類などに加え，鳥類などの骨が産出することも多い．本研究では鳥類化石のデータ収集に既刊の遺跡調査報告書を使用した．

千葉県は貝塚数が他の都道府県と比較し多いため，データを豊富に得ることができる．遺跡の調査では，土器の時代区分や年代測定が行われることが多い．したがって，より多くのデータが得られ，広域的な古環境復元が可能なことから，千葉県を調査対象地域とした．

本研究では鳥類化石による古環境復元を試み，その示相化石としての有効性を明らかにした．

2．現生における鳥類生息域の区分

ここでは，キジ類を砂堆域，カモ類を湿地・淡水域，ウ類，アビ類，ミズナギドリ類，アホウドリ類を海域の環境指標生物として捉えた．沿岸低地域の地形断面を表したうえ，現生種の主たる生息域を太線，確認される地域を破線で示した（図1）．ウ類は主に後浜に生息するが飛翔するため内陸でも見られる．アビ類は前浜にて泳ぐため内陸では見られない．ミズナギドリ類は比較的体長が小さいことから，風に運ばれて内陸でも見られるが，

アホウドリ類は大きく，内陸ではほとんど確認されない．

3．示相化石としての有効性

それぞれの鳥類について，国土地理院発行数値地図 25000（地図画像）をもとに作成した白地図上，および現在の台地と低地の分布図に産出遺跡の地点をプロットした．指標優先度としてはウ類，アビ類，ミズナギドリ類，アホウドリ類の海域に生息する鳥類が，次いで砂堆域に生息するキジ類，最後に湿地・淡水域に生息するカモ類の順に挙げられる．それぞれの遺跡において他の産出種や地形，周囲の環境などを総合的に考える必要があるが，ウ類，アビ類，ミズナギドリ類，アホウドリ類のいずれかが産出した地域は海域付近であった可能性が高く，鳥類化石は陸域と海域の判別おいては有効性が認められた．

4．まとめ

千葉県内の遺跡から産出した鳥類化石相から沿岸域の古環境を読み取ることができ，その示相化石としての有効性が明らかとなった．特にウ類，アビ類，ミズナギドリ類，アホウドリ類は海域付近を示すものとして適している．今後は化石同定の精度を上げ，より多くのデータを蓄積する必要がある．また，環境指標としては遺跡の海岸線からの距離や海域における微地形ごとの復元について検討が求められる．

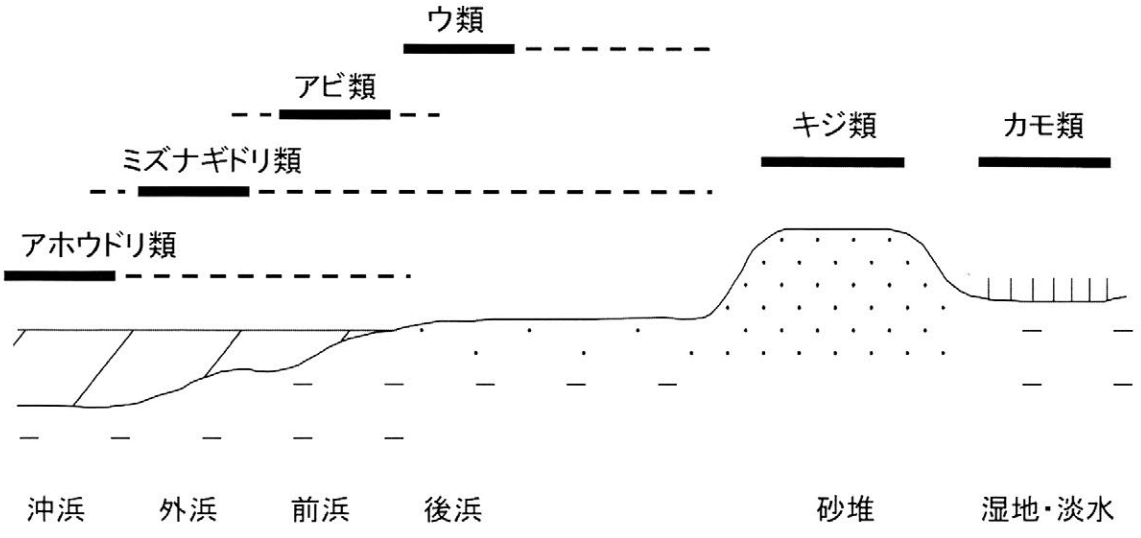


図 1　沿岸低地域における地形断面と鳥類生息域

平安時代前期前半の古植生・植物利用：大阪府禁野本町遺跡の事例

Paleobotany and Archaeobotany in the early Heian Period

: a case study from the Kinya Honmachi site ,Osaka prefecture

○松元 美由紀, 辻 康男, 田中 義文, 斉藤 崇人, 辻本 裕也（パリノ・サーヴェイ株式会社），
西田 敏秀, 井戸 竜太（公益財団法人枚方市文化財調査研究会）

1. はじめに

大阪府枚方市に所在する禁野本町遺跡は、奈良時代から平安時代の百済王氏の氏寺と考えられる「百済寺跡」の北側に隣接し、百済王氏とその一族の居住地と推定されている。

禁野本町遺跡は、交野台地と呼ばれる広く発達した中位段丘面上に立地するため、酸化的環境に弱い植物遺体の保存状態が不良である。しかしながら、第 172 次調査の井戸 SE3 では、還元的環境が確認され、平安時代前期前半に限定される遺物とともに多量の植物遺体が出土した((公財)枚方市文化財研究調査会, 2013)。本調査では、井戸堆積物の植物遺体分析を実施し、近傍の植生や植物利用を検討した。

2. 試料と分析方法

試料採取層準(図 1)は、出土遺物から平安時代前期前半（9 世紀半ば頃）に限定され、堆積速度が極めて速く、短期間に限られる。分析層準を覆う客土層も平安時代前期後半（9 世紀後半）と確定している。また、周辺には弥生時代以降の流路や埋没谷の形成が認められず、河川堆積作用の影響が殆どなかったと考えられる。したがって、井戸堆積物は、ごく近傍より埋積した、局地性が極めて高いものと判断される。分析方法は、花粉分析、植物珪酸体分析、種実同定、樹種同定を実施した。

3. 分析結果と考察

1) 井戸堆積斜面の上部(S6)、下部(S7)、中心部(S8)の試料は、比較的砂を多く含む。種実遺体は S7 と S8 で多く、S8 では大きな炭化材片も多い。一方、植物珪酸体の含量密度は、S8 で 2000 個/g 前後と、他の層準に比べて極端に少ない。このような堆積状況は、S6～S8 が豪雨などにより発生した地表流により、極めて短期間に累重したことと、井戸の底部中心付近に植物遺体が流入し集積したことを示唆している。

2) 分析層準の最上部(S1)では、水湿地生草本種実が多産し、植物珪酸体含量も増加する。堆積物の流入が落ち着き、井戸が窪地をなす局地的な湿地となったと判断される。

3) 花粉化石は、全層準を通じてマツ属、スギ属、コナラ亜属が多産し、種実遺体は草本類が圧倒的に多い。平安時代前期前半の井戸近傍は、街区の整備された居住域で、草地環境が広がっていたと考えられる。木本類は、二次林要素を中心に生育していたと判断され、北部生駒山地西麓における古墳時代以降のマツ属の増加傾向(辻本・辻, 2010)を支持する。

4) 栽培種と栽培種を含む分類群は、種実遺体ではウメ、モモ、スモモ、ナツメ、カキノキ属、イネ、オオムギ、アワ、ソバ？、ヒョウタン類、メロン類(マクワ・シロウリ型とモモルディカメロン型）、エゴマ、花粉化石と植物珪酸体ではカキノキ属、イネ属、オオムギ族、ソバ属、アズキ属、キュウリ属、ベニバナ属が挙げられ、当時の利用が示唆される。

引用文献

公益財団法人枚方市文化財研究調査会, 2013, 禁野本町遺跡Ⅳ. 274p.

辻本裕也・辻 康男, 2010, 蔀屋北遺跡周辺の古環境解析. 蔀屋北遺跡 I 総括・分析編, 大阪府教育委員会, 189-206.

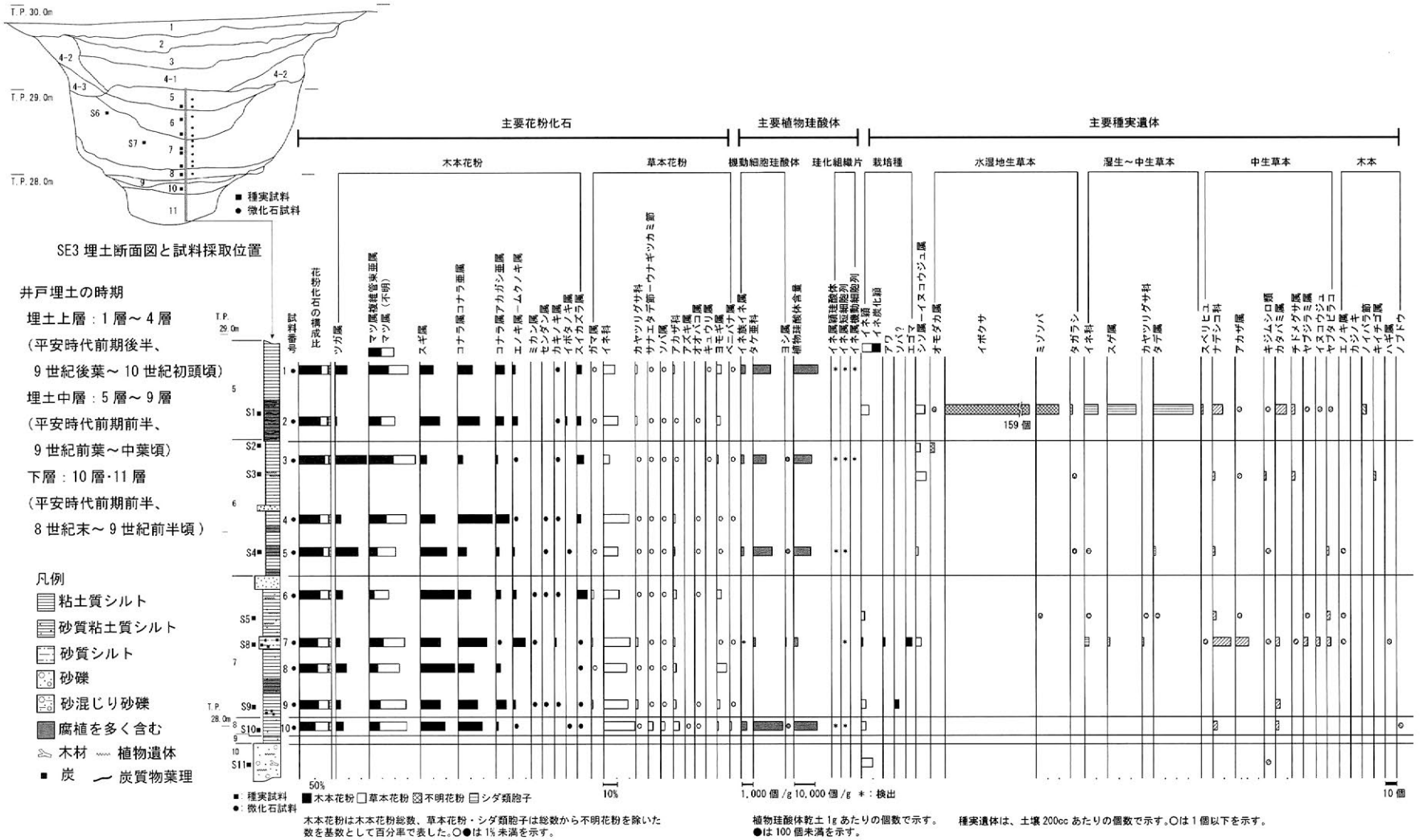


図1　SE3 埋土の堆積状況と主要な花粉化石、植物珪酸体、種実遺体の層位的産出状況

（（公財）枚方市文化財研究調査会，2013 を改変して作成）

奈良県橿原市一町西遺跡での古代～中世の河川堆積作用と土地利用の変遷に関する土壌微細形態学的検討

Soil micromorphological examinatoin on the ancient to medieval changes of fluvial deposition and the land uses in Kazucho-nishi Site, Kashihara City, Nara prefecture.

○辻　康男（パリノ・サーヴェイ（株））・光石鳴巳（奈良県教育委員会文化財保存課）
・菊井佳弥（(公財）和歌山市文化スポーツ振興財団）

1. はじめに

本研究は、平成 19 ～ 20 年度に発掘調査が行われ、平成 24 年度に報告書が刊行された一町西遺跡第 3・4 次調査（菊井編 ,2012）に伴い実施した自然科学分析から、土壌微細形態学的検討結果を報告するものである。一町西遺跡は、奈良盆地南西部をとりまく山地・丘陵を集水域とする葛城川が形成した沖積扇状地面上に立地する。この沖積扇状地面は、砂泥～礫質砂の構成層を主体としており、表層の氾濫原面の傾斜が 0.4° 前後をなす緩傾斜扇状地である。一町西遺跡第 3・4 次調査および隣接する萩之本遺跡（佐藤編 ,2012）の発掘調査と自然科学結果から、遺跡周辺の地形面は、縄文時代後期中葉頃に離水傾向が強まったと考えられる。

2. 分析目的と試料

一町西遺跡第 3 次調査区では、平安時代前期から中期にわたる流路変遷が認められ、それに伴う土木遺構や耕作遺構が検出された。流路は、8 世紀代から 11 世紀代にかけて埋没と再侵食を繰り返しながら、11 世紀前葉に最終的に埋没した。8 世紀後葉以降、この流路では客土により流路河岸の凹地内を埋め立てるなどして、人為的に地形が改変された。河岸部では、素掘り小溝などの耕作遺構とともに、耕作土と認識される塊状無層理の土壌撹乱を強く受けた堆積層（以下、擾乱層と呼称する）が層状に累重するようになることから、9 世紀末以降に耕作地化が進行したと考えられた。中世には、素掘り小溝や耕作土とみなされる擾乱層が、氾濫原へと変化した調査区全域に広がり、この時期に耕作地が拡大する様子が捉えられた。ただし、古代および中世の擾乱層では、遺構の残存状況が不良であったことなどから、具体的な土壌撹乱営力や土地利用を発掘調査結果から明らかにすることが難しい状況であった。そこで、古代（12 地点）および中世（8 地点）の擾乱層について土壌薄片を作成し、これらについての土壌微細形態学的分析から、土壌撹乱営力と土地利用に関する詳細な検討を行うこととなった（図 1）。

3. 土壌微細構造

流路河岸の自然堤防堆積物を母材とする古代の擾乱層である 12 地点では、ともに直径 3 ～ 5mm 前後の細礫を含む、砂質および泥質の砕屑物からなる集合体が不均質に混在し、巨視的に壁状構造をなす（図 2: 写真 1）。主たる孔隙は、チャンネル孔隙と幅 0.5 ～ 1mm 前後の不定形のバグ孔隙である(図 2: 写真 2)。中世の擾乱層の 8 地点は、12 地点よりも泥質な砕屑物で構成される。本地点では、含まれる砂礫が集合体を形成せずに単粒で散在する傾向にある(図 2: 写真 3)。主たる孔隙は、水平および斜交する幅 0.1 ～ 0.3mm 前後の根痕に由来するチャンネル孔隙である（図 2: 写真 4)。

4. 考察

古代および中世の擾乱層は、垂直および側方方向への土壌構造変化に乏しく、見かけ上で均質な層相を示す。これらの擾乱層は、素堀り小溝などの耕作遺構を伴い層状に広く累重する。このような特徴からは、古代と中世の擾乱層において、人間の耕作活動に起因する土壌撹乱営力が作用していることが示唆される。上記の土壌薄片の観察記載からは、12 地点（古代）と 8 地点（中世）で、

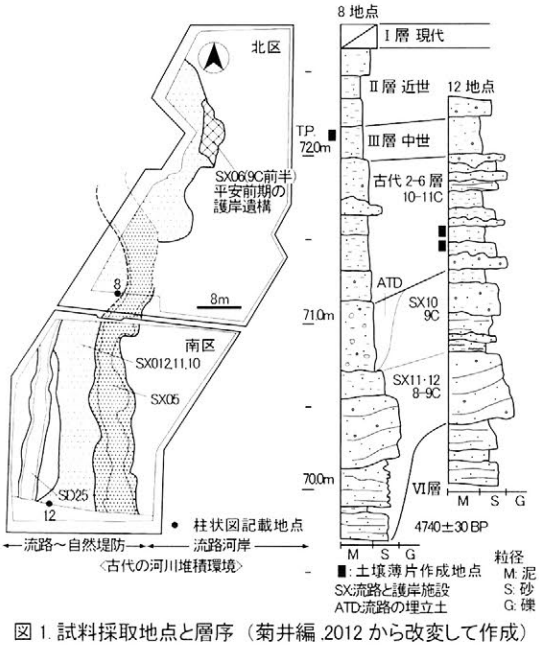


図 1. 試料採取地点と層序（菊井編 ,2012 から改変して作成）

土壌微細構造に差違があることが確認される。12 地点では、8 地点よりも土壌の集合体の発達状況が良好であることから、粒子間結合力が相対的に高い状態が維持されていると考えられる。いっぽう、8 地点では、土壌の集合体の発達状況が不良であることから、粒子間結合力が弱い状態であるとみなされる。また、12 地点では、不定形の孔隙の散在から、堆積物の充填が部分的に粗の状態となっている領域が存在していることがうかがえる。8 地点では、泥分含量が高いことから、相対的に泥の供給量が多かったことや、構成層において泥化が進行していたことなどが疑われる。これらの特徴をふまえると、12 地点での土壌撹乱は、含水率が低く固相および気相の割合が相対的に多い状態が推定される。これに対し、8 地点での土壌撹乱は、12 地点よりも含水率が高く液相の割合が相対的に多い状態であったと考えられる。このような土壌撹乱時の土壌条件をふまえると、12 地点では、土壌が集合体として残存しやすい、大気下で土壌撹乱が行われた可能性が高いことが指摘される。8 地点では、水和膨張や粒子間の結合物質が可動化によって、土壌の集合体が崩壊し泥化が進行するような、水中での強い土壌撹拌が生じていたと解釈される。なお、このような土壌撹拌については、水田の湛水下でのしろかきを強く示唆するものである。

以上のことから、第 3 次調査区では、流路が存在した 10 ～ 11 世紀代に河岸部で畑地が卓越する耕作地が形成され、流路が完全に埋没した中世になると調査区全域に耕作地が広がるとともに、水田としての土地利用が優勢となったと判断される。なお、古代と中世の擾乱層で認められた土壌微細構造については、既往の畑地および水田での現世および古耕作土と共通する特徴が多く認められる（斉藤 ,1971・寺沢 ,1983・須永・平山 ,2005・松田ほか ,2007 など）。また、中世の擾乱層では、古代の擾乱層に比べイネ属機動細胞珪酸体の相対的な割合の増加や、イネとともに水田雑草を含む水湿地生草本の種実や花粉が多産するといった、水田としての土地利用を支持する分析結果が得られている（菊井編 ,2012）。

本研究により一町西遺跡で認められた古代～中世の流路と氾濫原における人為的な地形改変や耕作地の形成過程は、当該期の奈良盆地における開発過程の一端を示すものとして着目される。

引用文献

菊井佳弥編 ,2012, 一町西遺跡Ⅰ . 奈良県立橿原考古学研究所 ,295p.

松田順一郎・辻　康男・岡村渉 ,2007, 埋没および現世水田にみられる土壌微細形態の比較 - 静岡県登呂遺跡の事例を中心として -. 日本文化財科学会第 24 回大会研究発表要旨集 ,166-167.

佐藤亜聖編 ,2011, 萩之本遺跡発掘調査報告書 . (財) 元興寺文化財研究所 ,42p.

斉藤万之助 ,1971, 水田土壌の凝集性 . 土木研究所報告 ,56,1-49.

須永蕙子・平山良二 ,2005, 浅間山噴火 (1783 年) による埋没表層土の土壌構造に認められる埋没前の植生・土地利用の影響 . 筑波実験植物園研報 ,24,99-105.

寺沢四郎 ,1983, 各種インパクトを受けた土壌の物理性 . 農業技術研究所報告 ,36,233-267.

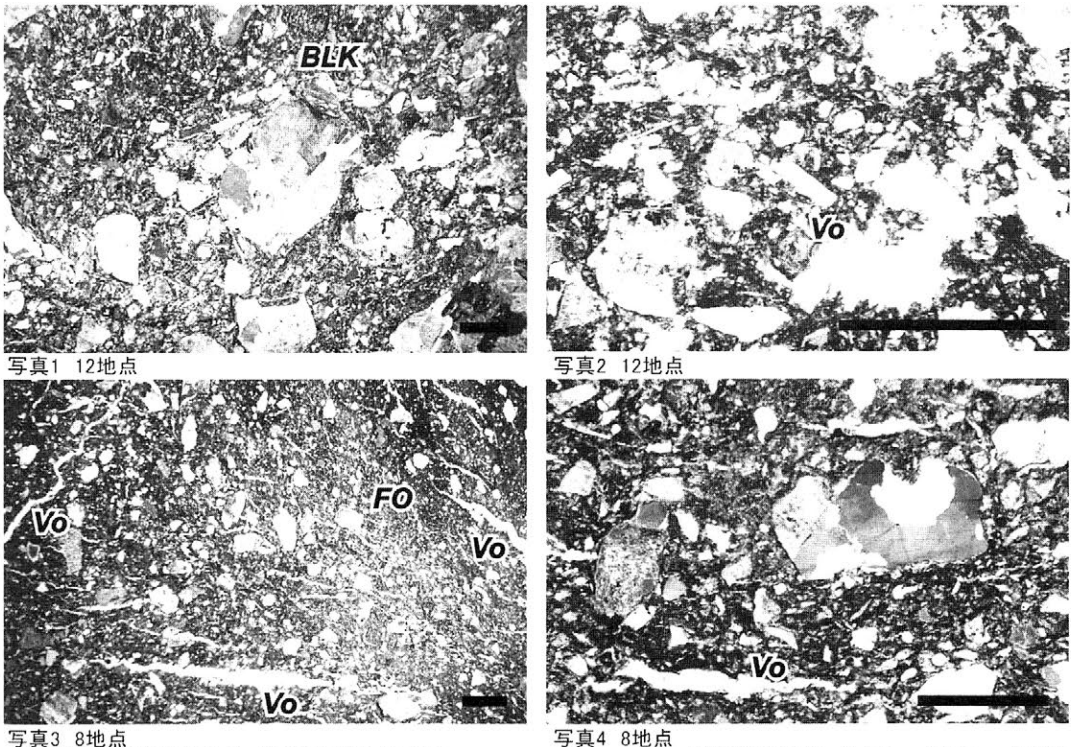


写真1　12地点　　写真2　12地点

写真3　8地点　　写真4　8地点

BLK:砂礫の集合体 Vo:孔隙 FO:酸化鉄斑紋　　写真は下方ポーラ,スケールは1mmである.

図 2. 土壌薄片顕微鏡画像（菊井編 ,2012 より一部切り出し、さらに修正して転載）

モンゴル国草原都市遺跡の古環境調査

Paleoenvironment investigation into remains of city in the Mongolian grassy plain

豊島佳澄(奈良大学大学院文化財史料学専攻博士後期)

はじめに

本研究は、モンゴル科学アカデミー考古学研究所と奈良大学の学術協定による「モンゴル遼代城郭都市遺跡の構造と環境変動(2009～2011年)」の調査[1]に自身が参加した2011年の現地調査と、同学術協定に基づく調査「トーラ川流域の大型城郭都市ディジタルアーカイブ化」2012年・2013年の現地調査[2]によって得た試料に基づいている。

調査対象

主な調査対象であるチントルゴイ遺跡は、現在のモンゴル国やや北寄り中央部に位置するダッシンチレン村に所在し、北部森林地帯と中央草原地帯との境界近くに位置している契丹国(遼)時代11世紀の城郭都市遺跡である。遺跡の立地条件を広域的に見た場合、モンゴル国北東部のヘンティ山地に発し高原中央を北西に流れるトーラ川の支流にあたる河川流域に接し、湿地帯、湖が点在しており、さらに遺跡とそこに付随する人工施設跡等に関してもトーラ川の支流の旧河道、導水路などとの関連が認められ、城門の建築部材としての大型木材利用や、窯業が営まれるなど、往時の都市経営においては周辺の水資源・森林資源を利用して農耕、窯業など豊かな都市生活が営まれていた事が想定されている。

しかし、現在の遺跡周辺には北西へ60km程険しい道のりを行った山地にしか森林を確認する事はできず、一帯は草原のみの景観となっている。また、一度戦火で破壊された後、再びこの地が都市用地として利用される事が無かった事などから都市の造営当初と廃絶時期の前後では周辺の環境が人間の営みによって改変されていた可能性が指摘されている。

チントルゴイ遺跡は草原環境に営まれた大規模都市として、人間の営みによる都市とその周辺の環境に対する影響という、人間と環境の相互的影響の結果を提示し、遊牧の文化と農耕・定住の文化との関わりの一形態資料として重要な位置を占める事例である。

研究の手法

この都市に対する社会文化環境学的研究は考古学的成果との複合を目指し、地質調査・花粉分析・樹種同定など地理学、生物学、自然科学的分析手法を導入して「草原都市生態系」の復元を目標にアプローチを行っている。

試料採取

2011年調査では、遺跡北東城門の発掘調査区において土層断面ブロック試料を採取した他、版築部分ブロック試料採取、現生植生試料の採取、表土試料採取を行った。

2012年調査では、前年度調査の課題と試料分析の結果を踏まえて遺跡周辺の湿地帯や湖沼を中心に試坑断面からのブロック試料採取、試垂試料採取を行った Fig1)。

2013年調査では、前年後までの課題と試料分析の結果を踏まえ、前年度同様に湿地・湖沼域での試垂試料採取の他、比較検討の為、近在する同時代都市遺跡周辺での試料採取、山地の森林地帯への調査 Fig2)など活動範囲を拡大して試料採取を行った。

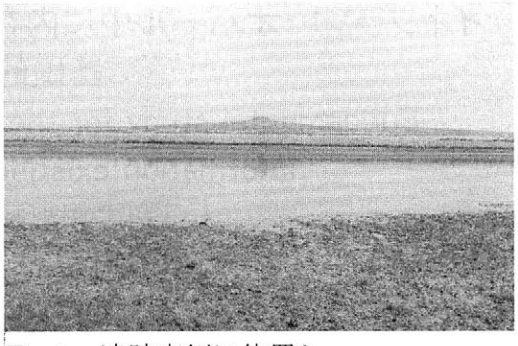


Fig 1：遺跡東側に位置し
試料採取を行ったヘレム湖

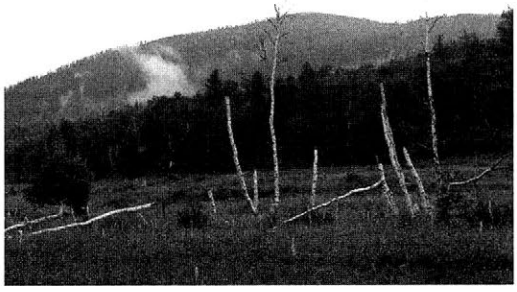


Fig 2：遺跡北東方ブルゲハンガイ山

今後の課題と展望

土壌試料の多くは分析の結果、花粉の保存状態が良好ではなく、総数が極めて少なかった。樹木性花粉20%、草本性花粉80%という割合がほとんどで、樹木はマツ属花粉が大半であり、草本は現在も見られるようなヨモギ属とアカザ科-ヒユ科の花粉が大半を占める。

夏と冬の気温差が非常に激しく季節間で凍結と融解を繰り返しており、試料採取地の選定等に関しては検討の余地を残している。

都市生態系復元の為にはまだまだ乗り越えなければならない問題が多く、蓄積すべき分析結果もわずかであるが、これまでの発掘調査や古環境復元の為の花粉分析、現生植生調査等現地調査の結果を踏まえ、自身の調査活動とその結果、今後の展望について示したい。

<参考文献>

1) 千田嘉博, A.エンフトル
『モンゴル国チントルゴイ遺跡2009年調査報告書』奈良大学 2011
『モンゴル国チントルゴイ遺跡2010年調査報告書』奈良大学 2011
『チントルゴイ城跡の研究 2009-2011
－奈良大学特別研究「モンゴル遼代城郭都市の構造と環境変動」—』奈良大学 2012
2)正司哲朗, A.エンフトル
『モンゴル国における大型城郭都市のディジタルアーカイブ2012』奈良大学 2013
『モンゴル国における大型城郭都市のディジタルアーカイブ2013』奈良大学 2014

イネプラント・オパール中に内在する遺伝情報抽出手法構築に向けた基礎的研究（第1報）

Fundamental study for the technique of salvaging the genetic information existing in the rice plant opal (Ⅰ)

○宇田津徹朗（宮崎大学）・田中克典（弘前大学）

○Tetsuro Udatsu（Miyazaki Univ.）, Katsunori Tanaka（Hirosaki Univ.）

1. はじめに

筆者らは、土壌中から検出されるイネプラント・オパール中にその存在が指摘されている遺伝情報について、その存否と利用の可能性の検証に取り組んでいる。遺伝情報を取り出すことが可能となれば、プラント・オパールが稲作を探査する指標として活用されていること、土壌中から数十万、数百万といった単位で収集が可能なことから、時間・空間的に栽培イネの情報を網羅的に整備できる。また、プラント・オパールの残留特性から、遺伝的な多様性についても高精度の評価が可能となるといったことが期待される。

今回は、研究の第一段階として、遺伝情報へのダメージを最小限にして、土壌からプラント・オパールを抽出する方法の検討とDAPI染色法による遺伝物質の存否の検証を行った結果について報告する。

2. 供試試料について

当該研究の目的に照らし、プラント・オパールの抽出を試行する試料は、新石器時代以降の日本や中国の水田および水田遺構土壌とした。各試料についての実験結果を比較検討することにより、土壌中の風化作用および土壌の組成・性質によるプラント・オパール中の遺伝物質への影響の有無を検証する。具体的には図1に示す6つの地域の土壌を供試した。

また、経過時間による遺伝物質の劣化や風化を検討するため、試料の時代は現代の水田（宮崎県：右図④）から新石器時代（およそ BP6000）の草鞋山遺跡（中国江蘇省：右図⑥）を網羅している。

図1　供試試料を採取した水田および遺跡の所在（右）

3. 検討その1：遺伝情報へのダメージを考慮した土壌からのプラント・オパール抽出方法の構築

土壌からのプラント・オパールの抽出については、粒径分画と比重分画を組み合わせる方法によって、一般土壌 500gから 300mg 程度を抽出する技術が確立されている（宇田津ら 2012）。

ここでは、以下の 2 点に留意して既存の抽出工程のいくつかを改良し抽出実験を行った。

①乾燥工程の改善

これまでは、100～120℃で乾燥を行ってきたが、温度による遺伝情報へのダメージを抑制するため、水田や畑の表面温度を参照し、乾燥工程における設定温度を 40℃未満（38℃前後）とした。また、よりダメージを小さくする方法として室温での低圧乾燥も試みた。

②超音波洗浄による付着有機物の分解処理工程（化学分解）の代替

コンタミネーション（試料汚染）対策として、プラント・オパール表面に付着した有機物（汚染源）を除去することが望ましい。効果の高さでは、湿式あるいは乾式灰化が挙げられるが、試料が 200℃から 500℃程度の温度にさらされるため、遺伝情報へのダメージが懸念される。そのため、今回は、代替方法として超音波洗浄を採用した。超音波処理も継続すると水が沸騰するまで温度上昇するため、温度をモニタしながら 40℃未満を維持するようにして行った。

【構築した抽出処理の効果について】

乾燥工程に要する時間が延びたが、抽出ならびに超音波洗浄により付着有機物の除去についても、光学顕微鏡による観察からは既存のものと遜色ない質と効果が確認された(写真1)。

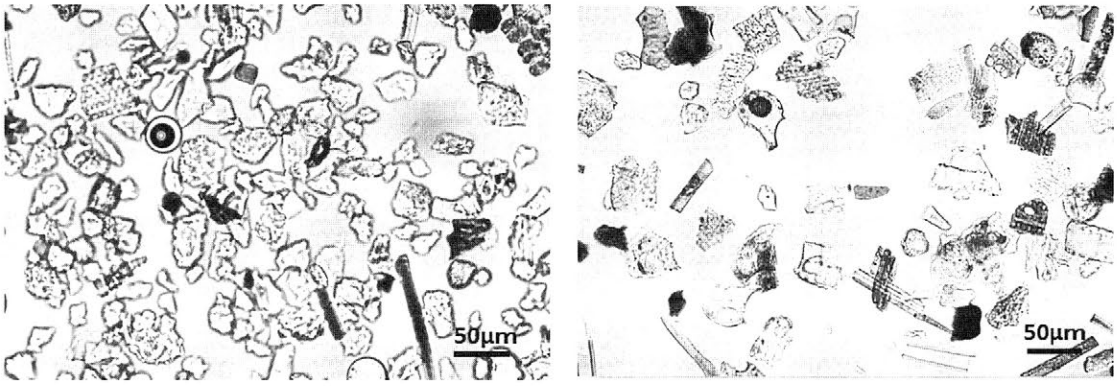


写真1　抽出処理の効果(左:処理前、右:処理後)

4. 検討その2:DAPI 染色法によるプラント・オパール中の遺伝物質の存否の検証

先に述べた新しい工程により抽出したプラント・オパール中の遺伝物質の有無を、DAPI 染色法(細胞膜透過性を持つ蛍光色素化合物を用いて、細胞内の DNA を染色し、視覚化する手法)を用いて確認を行った。その結果、写真2に示すようにイネやヨシ属のプラント・オパール中に蛍光発光(写真右:実線で囲んだ部分)が認められた。こうした現象は、プラント・オパールに圧力をかけて蛍光色素化合物が内部に侵入する状態で顕著であることから、表面に付着したものではなく、内部に存在した遺伝物質との反応と考えられる。以上の結果から、プラント・オパール内部に遺伝物質が存在していることがほぼ確認できたと判断された。写真2は古墳時代の土壌のものであるが、他の時代の試料についても同様に確認でき、経過時間や土壌による深刻な影響は認められなかった。

なお、DAPI 染色法では、40℃未満の温度条件で抽出した試料だけでなく、比較試料として供試した湿式灰化処理を行った試料でも同様の発光が確認されており、当該手法で見る限りでは処理温度の影響は小さい可能性が示唆された。

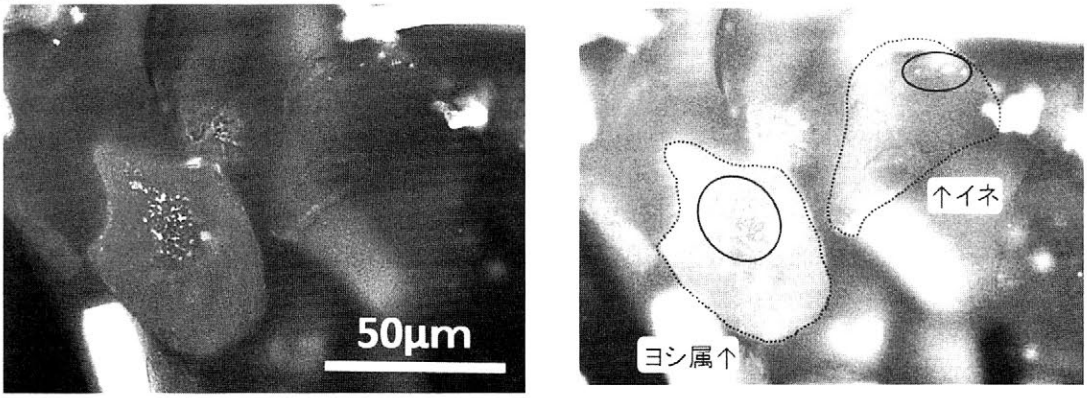


写真2　DAPI 染色後の蛍光観察の結果(左:撮影画像、右:補助線解説入り)

5. まとめ

本研究の結果、日本や中国の生産遺構土壌から抽出したプラント・オパール中に遺伝物質が存在し、DAPI 染色法で確認する限りにおいては、多くのプラント・オパール中に遺伝物質が残されていることが明らかとなったことから、目標とする手法構築の最初のハードルはクリアすることができたと判断された。

今後は、確認された遺伝物質から遺伝情報を取り出すことがどの程度可能であるのか、また、その際に、温度や薬品の影響を抑制した抽出法の有効性・必要性についても検討を行ってゆきたい。

東アジアにおける基盤整備型水田の成立期に関する実証的研究（第1報）

Study for the establishment period of the paddy field development technology with land leveling in East Asia（Ⅰ）

○ 宇田津徹朗（宮崎大学）・田崎博之（愛媛大学）・中村慎一（金沢大学）・金原正明（奈良教育大学）・小柳美樹（金沢大学）・藤原宏志（宮崎大学）・浦谷綾香（宮崎大学）・李小寧（浙江省文物考古研究所）・劉斌（同）・王寧遠（同）・鄭雲飛（同）

○Tetsuro Udatsu(Miyazaki Univ.), Hiroyuki Tasaki(Ehime Univ.), Shinichi Nakamura(Kanazawa Univ.), Masaaki Kanehara(Nara Univ. of Ed.), Yoshiki Koyanagi(Kanazawa Univ.), Hiroshi Fujiwara(Miyazaki Univ.), Ayaka Uratani(〃), Xiaoning Li(Zhejiang Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology), Bin Liu(〃), Ningyuan Wang(〃), Yunfei Zheng(〃)

1. はじめに

水田稲作の特徴としては、連作ができ、生産量も比較的高く安定している点が挙げられる。しかし、近年の研究では、初期の水田は自然地形を利用したもので、排水機能に乏しく、その生産性は決して高くないことが分かってきている（宇田津 2013）。一方、現在へ続く「基盤整備型水田（水平な広がりを持つ水田、集約的な稲作を展開する上で必須と考えられる）」が成立したのは中国であることは多くの研究者も認めるところであるが、成立した時代や地域については、ほとんど明らかにはなっていない。写真1に示すように、東アジアにおける社会形成、特に都市社会の誕生には、集約性と余剰生産性を備えた水田稲作が必要であり、水田稲作技術の成立した時代と地域を明らかにすることは農業技術史だけでなく、社会形成の視点においても極めて重要である。

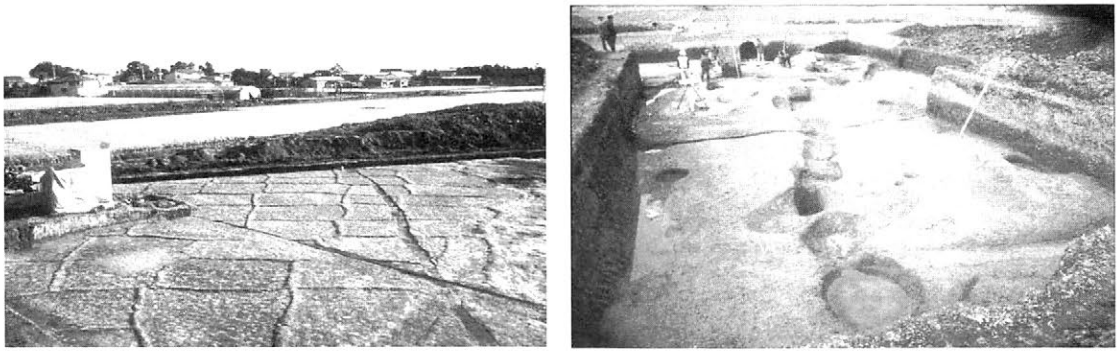


写真1　基盤整備型の水田（左：垂柳遺跡）と自然地形利用型の水田（右：草鞋山遺跡）

筆者らは、東アジアにおける基盤整備型水田の成立期を明らかにするため、その第一段階として、社会形成の視点からその存在が有力視されている中国浙江省に所在する良渚遺跡群における水田を探査し、その所在を明らかにすることに取り組んできている。この2年間、同遺跡群の莫角山遺跡周辺で地形分析ならびにボーリング調査と採取試料のプラント・オパール分析に基づく水田遺構探査を進めている。

ここでは、調査の概要とこれまでに得られている成果を報告する。

2. 調査の概要

1）2012 年度の調査

当該年度は調査初年度でもあり、踏査による莫角山遺跡周辺の地形分析と浙江省文物考古研究所によって確認されている遺跡範囲を照合して、遺跡の北東低地の水田を中心に調査区（図1の①～③）を設定し、ボーリング調査と採取試料のプラント・オパール分析を実施した。

ボーリング調査の結果からは、調査当初の見込みと異なり、遺跡周辺の環境はかなり不安定（水環境の変化に富んでいる）であることが明らかとなった。また、図1の調査区①（黄泥口調査区）内で良渚文化期に相当する堆積が確認され、ほぼ同じ層位の土壌からイネのプラント・オパールが検出された。検出密度は土1g当たり 1,000 個程度であり、土壌の堆積速度の影響を考慮しても、稲作が営まれた期間は短く不安定なものであったことが推定された。

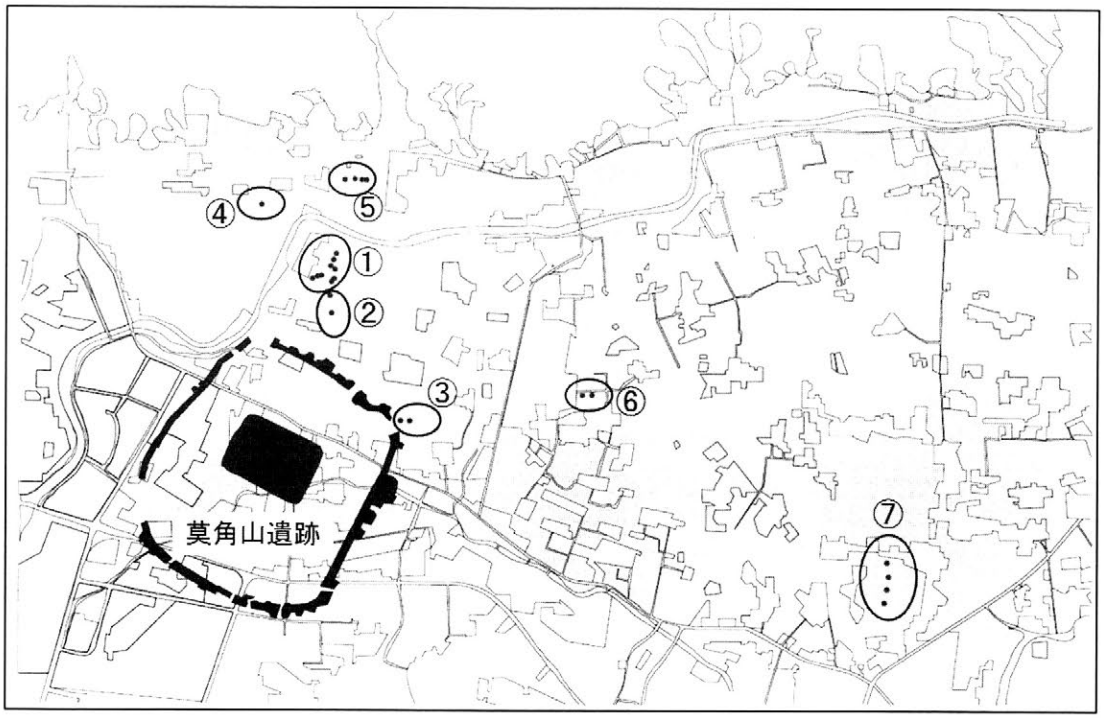


図1　莫角山遺跡周辺に設定した7つの調査区の配置　　※網掛けの部分は水田

2）2013 年度の調査

2012 年度の結果から、現在の地形から推定される水田適地の標高は、当時の水環境に照らすと低いことが示唆された。そこで、当該年度は、想定標高を高く見積もるとともに、日本でも水田が確認されている遺跡北側の山が開析されてできた小規模な扇状地形の付け根についても着目し、地形・標高・ボーリングによる良渚文化層（あるいは KEY 層である洪水層）の３点から調査区の設定を進めた。

その結果、図１の④～⑦の４つの調査区を設定し、採取土壌のプラント・オパール分析を実施したところ、調査区⑤（上渓村西調査区）と調査区⑦（苟山調査区）で良渚文化期に相当すると判断される土層からイネのプラント・オパールが検出された。詳細な分析はこれからであるが、2012 年度の結果と比較すると検出密度は高く（1g 当たり 5,000 個程度）、安定した稲作の存在が期待される。

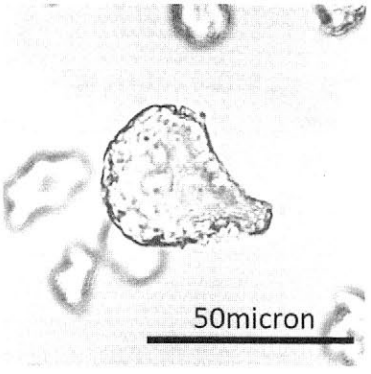


写真2　検出されたイネの
プラント・オパール

3. まとめと今後の課題

2012 年と 2013 年の現地調査と採取試料のプラント・オパール分析の結果から、良渚文化期に稲作が営まれていた可能性が高い３つの地点を探索することができた。特に 2013 年度の２地点（図１の⑤と⑦）については、安定した水田遺構が包蔵されている可能性もあり、今後、詳細な分析を実施し、その結果によっては追加の試料採取を行い、水田遺構の分布探査の実施も視野に入れるとともに、水田遺構の年代決定という点から、莫角山遺跡により近い地点についても併行して探索を進めたい。

また、河川の影響が大きい遺跡の西側を除くと、遺跡の南側については未調査となっている。当該地域は宅地や工場が多く、調査適地がかなり限定されるが、遺跡周辺の土地利用という視点からは、調査の実施も検討したい。

鬼界アカホヤ噴火が南九州の植生および人類に与えた影響
－植物珪酸体分析による検討－

The impact of the Kikai-Akahoya explosive eruption on vegetation and human societies in Southern Kyushu, Japan, clarified by Phytolith studies.

○杉山真二（古環境研究所）
○ Shinji Sugiyama (Paleoenvironment Research Co.,Ltd)

１．はじめに

鬼界アカホヤ噴火は、約7,300年前に九州島南方の鬼界カルデラで発生した巨大噴火であり、この噴火に伴う幸屋火砕流（K-Ky）は薩摩半島南部や大隅半島南部に到達し、鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah）は東北地方南部にまで分布している（町田・新井，2003）。植物珪酸体分析によるこれまでの研究では、火砕流が及んだ地域とそれ以外で植生破壊や回復過程に大きな差異が認められている（杉山，1999，2002）。本研究では、火砕流の北限付近を中心に調査事例を増やし、鬼界アカホヤ噴火が南九州の植生および人類に与えた影響について検討を行った。

２．試料および方法

調査地点は、杉山（1999）で示した101地点と杉山（2002）で追加した10地点、および新たに12地点を加えた合計123地点である。試料は、テフラの直下と直上を中心に各層準ごとに１～５cm間隔で採取した。植物珪酸体分析は、ガラスビーズ法（藤原，1976）を用いた杉山（2000）の方法で行い、植物珪酸体密度（個/g）および植物体生産量（kg/m²･cm）を算出した。

３．植物珪酸体の出現状況

K-Ah・K-Kyの直下層では、94地点について分析を行った（図１-Ａ）。その結果、鹿児島県域から宮崎県南部沿岸部にかけてのほとんどの地点、および九州中部の内陸部を含む合計56地点からシイ属やクスノキ科などの照葉樹起源の植物珪酸体（以下、照葉樹と略す）が検出された。照葉樹の出現率は60％である。なお、宮崎県南西部の内陸部から霧島火山東麓にかけての一帯などでは、照葉樹が検出されない地点がまとまって認められた。これらの地点ではメダケ属ネザサ節などのタケ亜科が卓越しており、ススキ属型などのイネ科も普遍的に検出された。これらの地点は、黒ボク土の分布域とおおむね一致している。

K-Ah・K-Ky直上層では、91地点について分析を行った（図１-Ｂ）。その結果、50地点から照葉樹が検出された。照葉樹の出現率は55％であり、K-Ah・K-Ky直下層の60％と比較してやや減少している。このうち、K-Kyが及んだ薩摩半島南部や大隅半島南部では、照葉樹の出現率は14％であり、K-Ah・K-Ky直下層の同地域における71％と比較して大幅に減少している。上位の池田湖テフラ（Ik：約6,400年前）との間層では、ほとんどの地点でススキ属型が卓越しており、照葉樹やタケ亜科は見られなくなっている。指宿市水迫遺跡（Loc.１）でも同層準でススキ属型が卓越しているが、Ik直下では部分的にクスノキ科などの樹木が出現している。また、K-Kyの北限付近に位置する鹿屋市吾平町原口岡（Loc.２）では、Ik直下でシイ属が出現し、その近辺の２地点でも樹木（落葉広葉樹）が出現している。

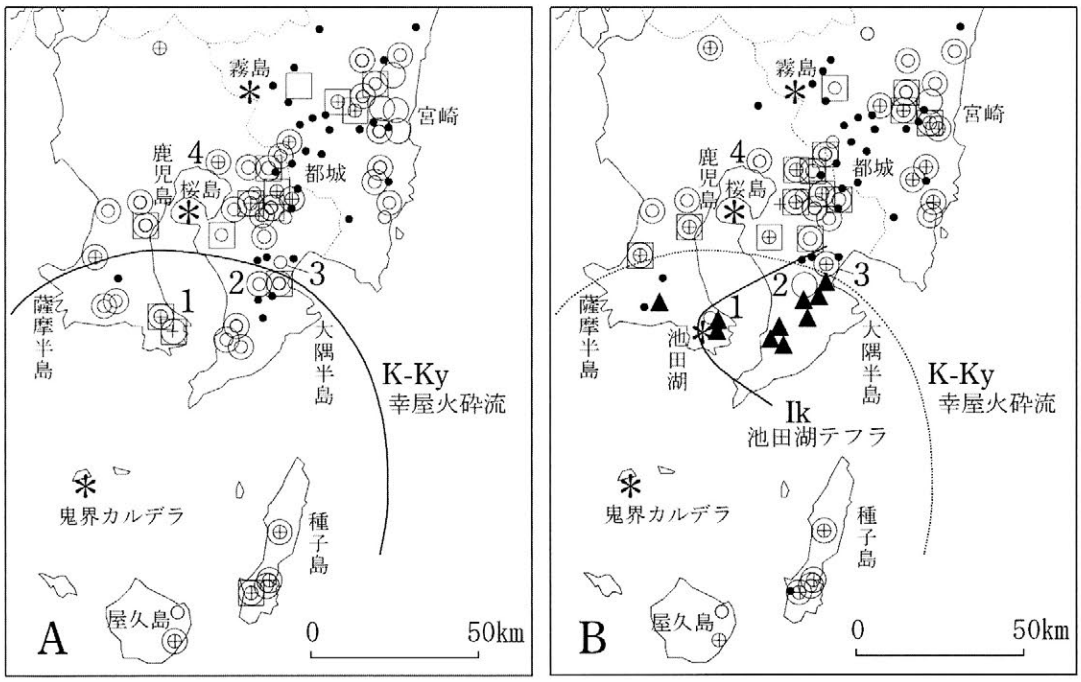
K-Kyが及ばなかった鹿児島県中部以北では、照葉樹の出現率は60％であり、K-Ah・K-Ky直下層の同地域における59％とほぼ同様である。K-Kyの北限付近の大崎町永吉（Loc.３）ではK-Ah直上で照葉樹の種類や量が増加しており、霧島市上野原（Loc.４）など多くの地点でも同様の傾向が認められた。照葉樹が検出されない地点は、黒ボク土の分布域とおおむね一致している。

４．鬼界アカホヤ噴火の影響と回復過程

幸屋火砕流（K-Ky：約7,300年前）が及んだ薩摩半島南部や大隅半島南部では、それまで分布していたシイ属やクスノキ科などの照葉樹林や笹類が絶えてススキ属などが繁茂する草原植生に移行しており、このような状況は池田湖テフラ（Ik：約6,400年前）直下まで継続している。この地域では約900年間は照葉樹林が回復しなかったと考えられるが、火砕流の北限付近などではIk直下で照葉樹や落葉広葉樹が出現しており、森林植生が回復過程にあったと推定される。

一方、火砕流（K-Ky）が及ばなかった鹿児島県中部以北では、K-Ah直上で照葉樹の樹種や量が増加しており、ススキ属などの草原植生に移行した形跡は認められなかった。この地域では、照葉樹林の回復は比較的早かったと考えられ、照葉樹林が絶えるほどの壊滅的なダメージを受けなかった可能性も考えられる。また、泥流などの２次的災害を受けにくい台地上などでは、K-Ah直上で照葉樹林が拡大したところも見られたと推定される。

考古資料によると、鬼界アカホヤ噴火は轟Ａ式土器が製作・使用されていた時期に発生し、九州のほぼ全域に展開していた轟Ａ式土器の製作情報が噴火の影響で断絶することはなく、土器文化は継続したと推定されている。ただし、火砕流が及んだ地域では轟Ｂ２式期（約6,900年前以降）になっても遺跡の規模は貧弱で、定着的な遺跡が形成されるのは約1,000年が経過した曽畑式土器期（約6,300年前以降）と考えられる（栗畑，2002，2014）。また、堅果類の加工具である磨石・石皿類が増加するのもこの頃とされ、森林植生の回復過程との関連で興味深い。



K-Ah・K-Ky直下層（7,300 cal BP）　　K-Ah直上／Ik直下層（6,400 cal BP）

記号：　○シイ属　○クスノキ科　□アカガシ亜属　＋イスノキ属
•照葉樹未検出（▲ススキ属卓越）　＊噴火口（カルデラ）

図１　植物珪酸体からみた鬼界アカホヤ噴火（約7,300年前）前後の植生変化（部分）
杉山（1999，2002）を加筆改変

おもな文献

杉山真二（1999）植物珪酸体分析からみた九州南部の照葉樹林発達史．第四紀研究．38，109-123.
杉山真二（2002）鬼界アカホヤ噴火が南九州の植生に与えた影響．第四紀研究．41，p.311-316.
栗畑光博（2002）考古資料からみた鬼界アカホヤ噴火の時期と影響．第四紀研究，41，p.317-330.

炭化残存物の基礎的研究

Fundamental studies of Carbonized plant remains contained in sediment

金原正明（奈良教育大学）、○金原美奈子（古環境研究所）、中村慎一（金沢大学）
柳原麻子（立命館大学）、高田秀樹（能登町教育委員会）、西田巖（佐賀市教育委員会）

Masaaki Kanehara, Minako Kanehara, Shin-ichi Nakamura, Asako Yanagihara
Hideki Takada, Iwao Nishida

炭化物は遺跡やその堆積物の中で最も残存しやすい有機物である。特に木材片や種実類の炭化したものは多く、生業や農耕の情報を提供する。しかし、それらは偶然希な残存であり、堆積物からは、破片となって検出され同定も行いにくくデータされにくい。微粒炭はcharcoal：木炭であるが、その細粒物を指し特化して分析され、山火事の多さなどが推定されている。ここでは、遺跡の堆積物から検出される炭化物すべてを扱い、できるかぎり情報化することを試み、生業や農耕を解析する資料の豊富化をはかる。ただし、遺跡堆積物の土壌化の中で残存した炭化微細物は、堆積物の有機残存物の検討と合わせて行って意義がありここでは除外し、部位や器官として識別のできるやや大きな破片を対象とする。

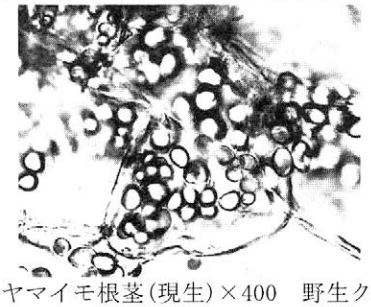
基本作業として、炭化物の由来物の現生標本のデータ集積を行い、現在も集成を続けているが、主要なもののデータほぼそろってきた。炭化材片に関しては、従来の木材構造の中での判別で十分に足りている。炭化物の場合、分解を受けず直ちに炭化するものが多く、微細組織もよく残っている場合が多い。炭化によって20%前後の収縮が現生標本ないし遺体炭化物においても認められる。種実類はデンプン粒に富むものが多く、炭化したデンプン粒および分解質（劣化）のデンプン粒も含み検討を加えた。なお、デンプンは酸化しやすく安定して残存しにくい物質で、古いデンプン粒が偏光特性まで示す例がある。空中花粉を調べるのに、スライドガラスにグリセリンを塗布し、サンプリングするが花粉の次に多い形状ある物質はデンプン粒であり、出土後の遺物に付着してもおかしくない。

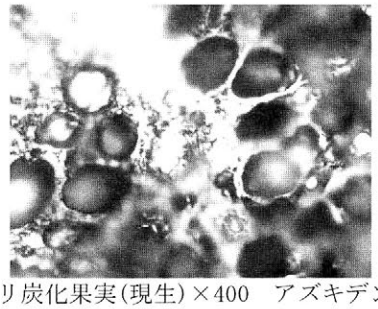
特に有用な植物の種実や根茎類は、イモ類は長形の細胞が多く、微細なデンプン粒がややまばらに配列し、針状物が束状に入る細胞が見られる。ドングリ類も種類により細胞の大小があり、微細なデンプン粒が配列する。トチノキ種子は最も細胞が大きく特徴であり、クリ果実は小型の厚膜の細胞が特徴である。イネ果実ないし雑穀は、細胞内にはめ絵状にデンプン粒が配列され、デンプン粒が多角形になる。イネ果実のデンプン粒ははめ絵状に固まって擬似的な大きなデンプン粒にもなるが、微細なデンプン粒の塊である。アズキは最も細胞が大きく大きな楕円形のデンプン粒が密に配列する。リョクトウやササゲは細胞も小さく小型のデンプン粒が密につまり、大きくtypeが異なる。また、種皮や果皮や頴の細胞形においても分類が可能である。なお、方法としては最も非破壊である金属顕微鏡および生物顕微鏡を用いて行った。

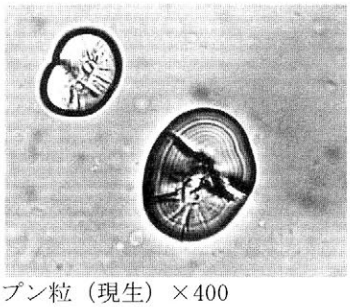
実際には、伊吹町杉沢遺跡の縄文晩期貯蔵穴出土炭化種実片、朝鮮時代容器内炭化（分解質）有機物、能登町真脇遺跡縄文後期住居跡内堆積物検出微細炭化物、佐賀市東名遺跡縄文早期貝塚堆積物中の微細炭化物、浙江省新石器時代遺跡出土土器付着炭化物などの検討を行いまた行いつつある。伊吹町杉沢遺跡資料では、破片炭化物において、クリ果実、クヌギ節果実（同定レベルが落ちる可能性あり）、トチノキ種子が特徴から認められ、形状のほぼない炭化物の同定が行えた。朝鮮時代容器内炭化（分解質）物はペースト状物質であり、油脂によるためか明暗の縞状構造を示し、まれに未炭化のイネ頴やアワ頴が認められた。これらをそのまま分散させ観察すると、分解質（劣化）デンプン粒とみなされる物質が観察された。このデンプン粒は偏光特性が失われ同心円構造も消失しかけている。大きさからアズキのデンプン粒に同定される。かといって、ペースト状固形物質のすべての成分ではなく、頴が認められるイネやアワのデンプン粒はまったく認められなかった。これら小さなデンプン粒は分解され形状からではわからなくなったとみなされる。細胞形態としては、便所堆積物や糞石の分析の折にまと

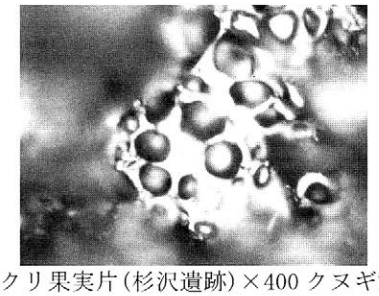
めてあり、特に強いとされるマメ類の太鼓状細胞も注目していたが、今までに極めて新しい近代でしか検出されていない。東名遺跡では炭化材が多く含まれクヌギ節が燃料として集中利用された様相が示される。煮炊きが行われαデンプン化を経てもデンプン粒が崩れず残存し、土器付着物等にも有効であり検討していく。

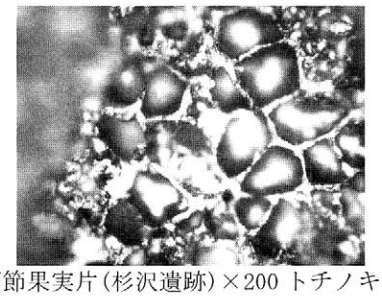
以上、形状の判然としない炭化残存物の分析は有用な分析として、資料の蓄積を行っていく必要があり、行っていきたい。

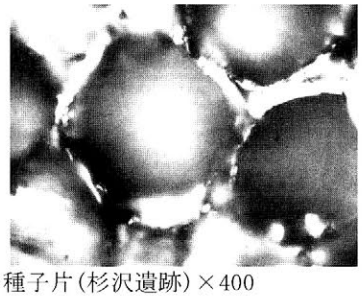

ヤマイモ根茎(現生)×400


野生クリ炭化果実(現生)×400

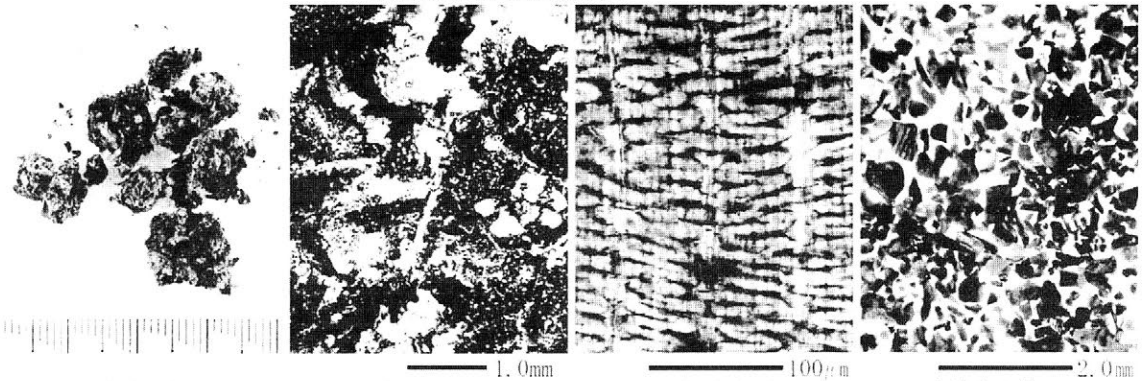

アズキデンプン粒（現生）×400


クリ果実片(杉沢遺跡)×400

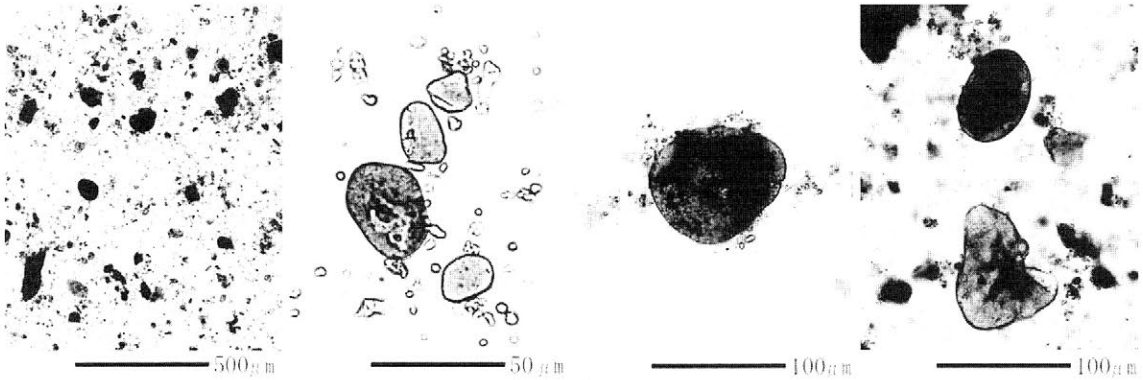

クヌギ節果実片(杉沢遺跡)×200


トチノキ種子片(杉沢遺跡)×400

朝鮮時代容器内炭化様物



分解質有機物　同左拡大　アワ類細胞壁　有機物分散



分解質デンプン粒

松山市文京遺跡で検出された縄文時代後・晩期推定畑地土壌のメソ・マイクロ堆積相

Meso- and microfacies of possibly cultivated field soil in the Late to Final Jomon periods in Bunkyo site, Matsuyama, Ehime prefecture.

松田順一郎(史跡 鴻池新田会所管理事務所)・田崎博之(愛媛大学人文学部)

縄文時代後・晩期農耕空間の検証をめざして行われた愛媛大学構内の文京遺跡第44次調査地では、その時期の列をなす小溝状遺構や、板状の道具で掘削されたと考えられる小穴が、多数検出された(図1)。本研究では現地での肉眼観察結果を検証するため、これらの人為的擾乱を受けたと考えられる堆積物、土壌の不撹乱試料を用い、その構成物質と構造をメソーマイクロスケールで観察し、生成過程と耕作地であった可能性について検討する。メソ・マイクロ堆積相が肉眼観察スケールの特徴をどのように構成しているかを認識することによって、発掘現場における人為的擾乱堆積物や畑地堆積物・土壌の認定に活かせるはずである。本要旨では発表者の一人、松田の所見のみを記す。

まず予察的に、平坦に削った風乾試料の垂直断面をさらに微細な毛先の歯ブラシとエアコンプレッサでクリーニングし、照明を工夫してハンドルーペないし実体顕微鏡スケールの観察を行った(図2)。

耕作によって擾乱されたと推定された厚さ40ー20ｃｍのIV-2a層はシルト質砂からなり、擾乱された淘汰のわるい極細粒砂ー極粗粒砂がおおむね逆級化成層をなす。この層相は氾濫による流入によって堆積したことを示す。本層の上面は侵食されているが、A層下部および直下の土壌層位を示し、比較的暗色を呈する。しかしこの短期間の堆積層中に2，3階層の溝を掘ることや、堆積後に逆級化の特徴を残しながら下位の溝から順にしだいに浅く掘り返すことは不可能に近いと思われる。また掘り返さず溝のように擾乱の底を伸ばすこともかなりむずかしい。そこで溝は砂の流入にともなう洗掘溝ではないかと考えられる。また、この堆積層中には畑地土壌で発達する団粒構造や、人為的と考えられる堆積構造はなく、生物活動による構造が断面のほとんどを占める。

いっぽう、シルト質で細粒の砂からなる溝列の基盤をなすIV-2b,c層の上面では、半円形ないし三角形の平面形をなし、その対称軸断面がＶ字形をなす幅10ー20ｃｍ、深さ10cmまでのピットが多数検出されている。これらは板状の道具を上位層から差し込んで土中で掘られた痕跡であり、ピット近傍に散布する偽礫はそのさい生じたと推測されていた。その一つを観察の結果(図2)、ピットを充填する堆積物にも上位層準と同様に、生物擾乱の構造がほとんど隙間なく分布し、根成孔隙や棲管の輪郭がピットの断面形に重複しているため、道具による掘削痕跡と認定することはできない。上位層準から道具を差し込んだとすれば、なぜ溝が残存するのか、あるいは氾濫以前にピットは掘られていたか、といった疑問が残される。

以上の問題を踏まえ、剥片試料を作成しさらに検討をする予定である。

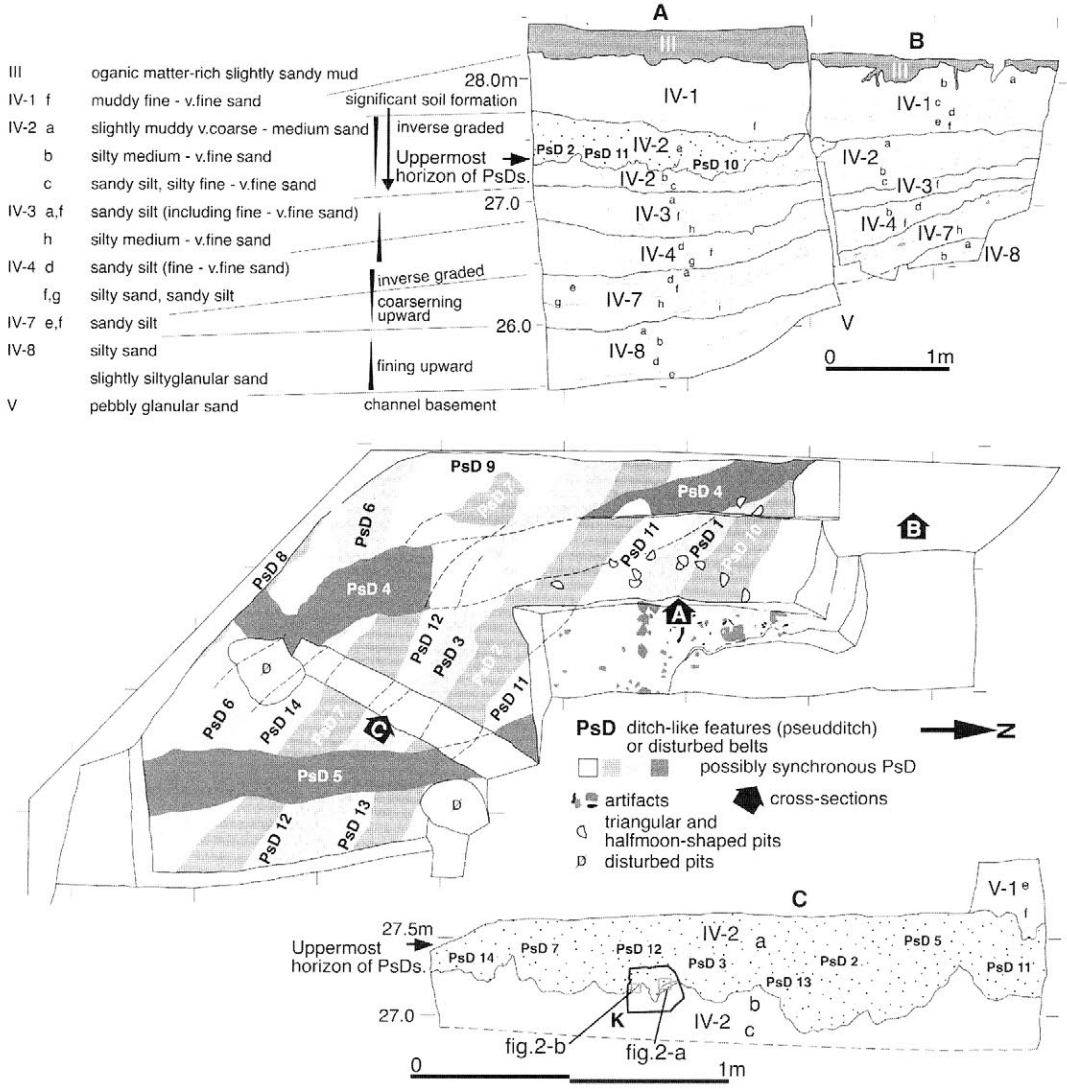


Fig.1 Stratigraphic clasification (a, c) and the feature distribution (b) are based on the records of the 44th excavation of Bunkyo site. K is one of block samples which details are shown in fig. 2. Because the inverse graded facies of IV-2a is rather preserved and indicates a inflow of coarse flood deposit , it is suspicious the past people could make the ditch stories in the short time of a flood.

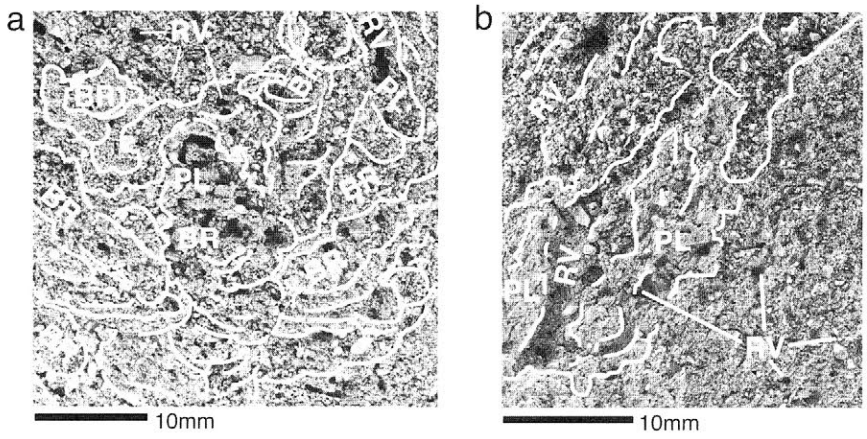


Fig.2 Detail photographs of an undisturbed sample K took at the horizon of cross section C shown in fig. 1. Though it seemed the sample K includes a cross sectionally V-shape pit (a) and the right-side wall of a ditch (b) formed by tillage with spade or hoe, in microscale, densely-distributed root voids (RV, usually unfilled) and burrows (BR, filled with the sediment particles and the muddy plettes (PL) pushed behind a worms near the boundaries on the underlaid deposit. The vertical distribution of microfossils must be affected by such a significant bioturbation. So far the cultivated soil meso- or microstructure are not found.

考古遺跡における景観復元の課題－複雑な地表システムの解析

Problems in the past landscape reconstruction for archeological sites ; on the Analysis of Earth surface systems ;.

○辻本 裕也（パリノ・サーヴェイ株式会社），松田順一郎（史跡鴻池新田会所管理事務所）

過去の人間を取り巻く景観の復元は、数百年おきの時間断面での静的描写ではなく、対象とする考古遺跡で人間活動(とくに社会的行為）がどのような自然環境の変化を経験し、それとどのように関わったかという、複雑で動的な「社会―自然システム」の復元を目指すべきである 現在みられる景観は、気候、地形、地質、土壌、水文、といった非生物的要因、動・植物の活動、人間による土地利用など、様々な要因によって形成された、空間的に不均質なものである。過去の景観復元でも、時間経過とともに変化する景観要素の位置と状態、その相互作用を推測する必要がある。今回は、市川ほか(2011)・松田 (2012) でも示してきた、複雑な地表システムの解析を行うための、GISあるいはそれに類するアプリケーションを用いた空間明示的な古環境モデリングと、その有用性について、報告する。

古環境モデリングの作業は，まず地形単位がどのように分布し，様々な地形プロセスが調査地のどこで生じているかを空間的に想定することから始まる。図 1に上町台地のアイデアスケッチの一例を示す。GIS上では地形のほか，地質、土壌、水文条件、生物相、土地利用などの分布を示すレイヤ間で重ね合わせや切り合いの計算ができ、土地条件の分類や活動可能領域のふるい分けができる。

現在の起伏は、最近では 5mメッシュという高分解能の DEM(ディジタル標高モデル)が入手できる地域もあるが、現代の構造物などの起伏を精細に表現していること、過去から現在までに水陸の分布、微地形の分布が著しく変化しているため、この DEMを過去の景観復元に直接利用できない。そのため、ある空間・時間部分では発掘調査で明らかになった過去の地表面高度やボーリング資料を参考に、本来の起伏を反映する標高点を抽出したり、現代の地表面下に計算で求めなければならない。実測値が得られない他の部分では、何らかの推定値を補間し，適切に地形を反映する 2.5D面を推定する。DEMの分解能はまず利用可能なデータの量に影響されるが、本質的には地形プロセスの空間・時間スケールに関連して決まると考えられ、微地形、極微地形スケールで高分解能が得られない場合は、何らかの妥当な推定値の予想が必要である。 植生分布や歴史解釈で要求される人間活動の条件を説明・解釈できる地形のスケールは、少なくとも数 m、垂直的には数 10cmと考えられる。このような分解能の地形・起伏モデルを作成するには地形プロセスをシミュレートする以外にない。基本的なパラメータである高度、傾斜、斜面方向、斜面の縦断・横断形などとともに、集水域の斜面、流路の特性を表現する複合的なパラメータは GRASS GISで計算でき、流路および斜面の流水密度、流量、水深の分布、堆積物荷重の移動 (侵食・堆積)とその分布などのシミュレーションを実行できる。また、シミュレーションでは、地表面の粗度、地表物質や植生による浸透能、地表からの蒸発散量など分布を示すラスタ・データをさらにパラメータとして加えることができる。地下水流動は開析谷中や台地縁辺の水文条件に大きく影響すると考えられるが、いくらかの実測値が入手できれば GRASS GIS では r.gwflow(Gebbert 2008)によって解析できる。

シミュレーションの初期条件としての DEMをどのように作成するかは重要だが、やや困難が予想される。たとえば開析谷という微地形単位はさらに流路、谷底面、谷頭凹地、麓部斜面、下部谷壁斜面、丘頂先端斜面、上部谷壁斜面、頂部斜面といった極微地形単位に分けられ、そのいくつか

にわたって水文条件、土壌、植生の分布が対応するはずである(松井健ほか編著 1990)。これらをSchmidt and Dikau (1999) らは地形オブジェクト(あるいはその下位要素) と呼んだが、地形特性の抽出が DEMの品質に影響されることを強調している。仮想景観における地形オブジェクトのモデリングは上述のシミュレーションからいわば再帰的に手作業で発生させてできるものもあれば、種類の異なるシミュレーション・アルゴリズム(上述のような決定論的ではなく確率論的シミュレーション) を必要とするものもあると思われる。

以上の地形・起伏、水文のモデリングには植生分布や土地利用に左右されるパラメータが含まれ、地形と水文条件の時系列変化も、植生モデル(個体群動態モデル、パッチ占有モデル、植生撹乱モデル生物地球化学モデルなど) との動的関係を必要とする。これにより、対象地域のランドスケープモデルへ発展させ、人為的改変を含む景観パターン解析を行い、本来の目的である複雑で動的な「社会—自然システム」の復元について検討する。

文献

市川創・松田順一郎・小倉徹也・趙哲済・辻本裕也・平田洋司 (2011)地形発達と人間活動の相関性把握に向けて .大阪文化財研究所研究紀要 ,13,11－38.

Gebbert, S. (2008) In GRASS manual.
http://grass.osgeo.org/grass64/manuals/html64_user/r.gwflow.html

松井健・武内和彦・田村俊和 編 (1990)丘陵地の自然環境－その特性と保全－古今書院 ,202p.

松田順一郎 (2011)上町台地とその周辺の地形プロセスと古環境モデリング .「大阪上町台地から都市を考 える3 都市と自然の歴史学－ 弥生時代から難波宮－発表資料集 ,大阪文化財研究所 ,13-18.

Schmidt, J. and Dikau, R. (1999) Extracting geomorphometric attributes and objects from digital elevation models: semantics, methods, future needs. In Dikau, R. and Saurer, H. (eds.) GIS for Earth Surface Systems: Analysis and Modelling of the Natural Environment. Gebrüder Borntraeger, pp. 153-173.

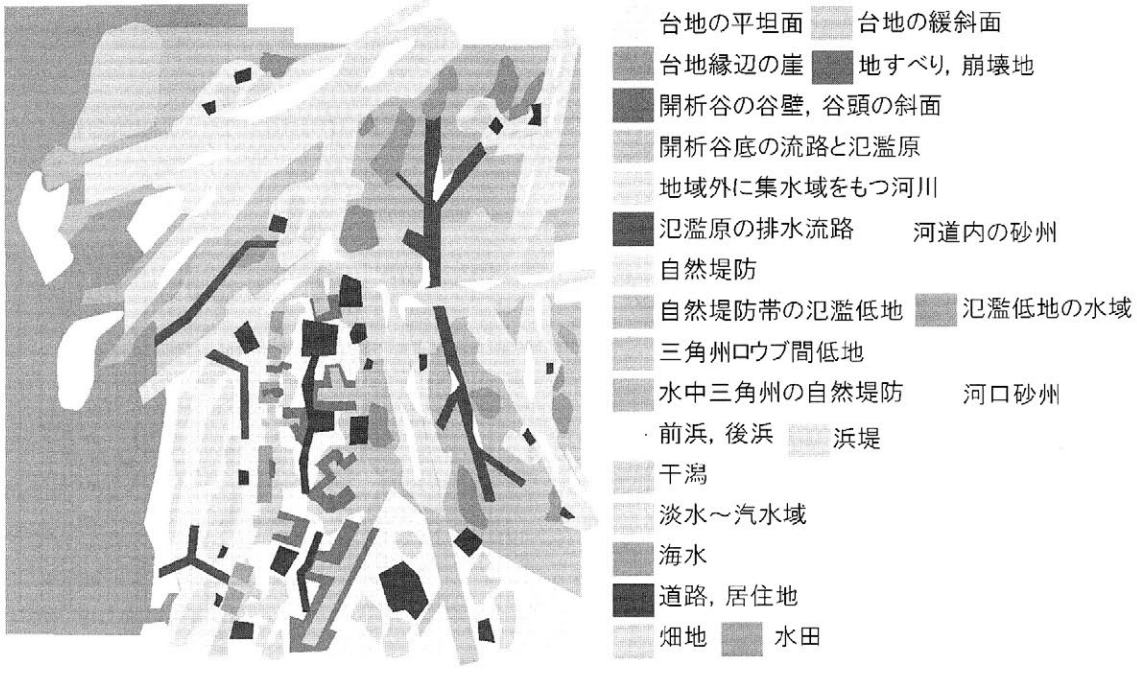


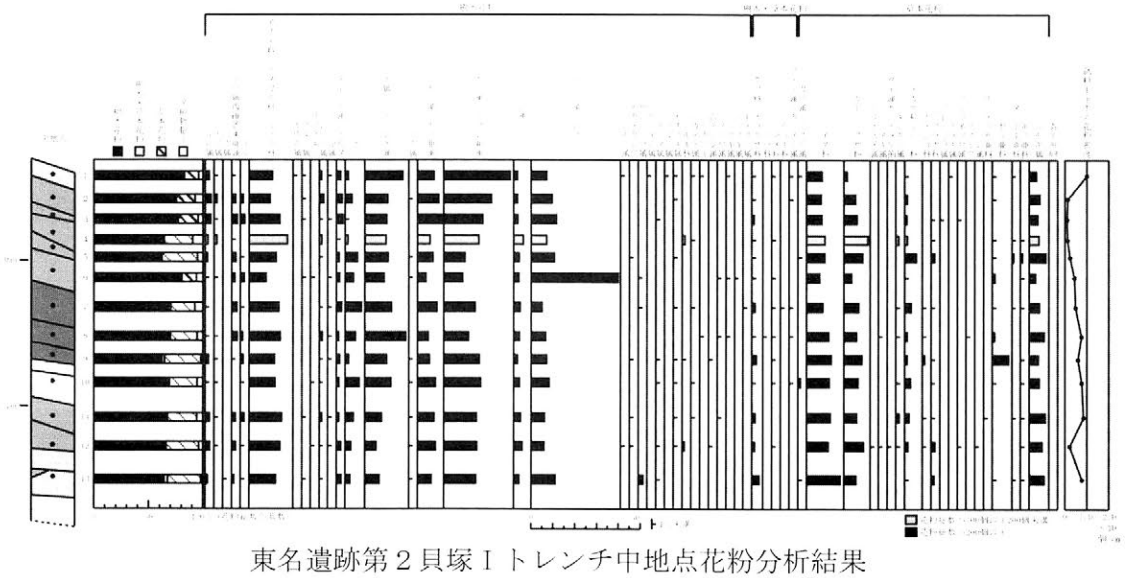
図 1 上町台地とその周辺の地形分類スケッチ (松田 ,2011 より引用)

堆積物の有機残存物の基礎的研究

Fundamental studies of Organic remains contained in sediment

金原正明（奈良教育大学）、○金原裕美子（古環境研究所）、田崎博之（愛媛大学）
岡田憲一（橿原考古学研究所）、西田巖（佐賀市教育委員会）
Masaaki Kanehara, Yumiko Kanehara, Hiroyuki Tazaki, Ken-ichi Okada
Ken-itchi Yano, Asako Yanagihara, Iwao Nishida

遺跡の堆積物は、埋没土にあたる場合が多いが水成や半水成の堆積なども存在し多用である。その検討は無機粒子としての基本構成である粒度分布、花粉、種実、木材、有機物ではないが植物珪酸体や珪藻、微粒炭分析（炭化した植物遺体片、特に炭片）がそれぞれ特化された形で分析されている。ここではそれらの分析を総合的に検討できる方法を模索し、堆積環境、植生、生業、農耕の解析を行っていく。今までに秋津遺跡において、粒度分析、有機物含有量、花粉、種実、珪藻の定量または相対分析、植物遺体片の定量分析で、堆積環境、植生、生業、農耕の解析を試みてきた。総合的に分析することによって、分解性も明らかになりやすく、復原も行いやすくなる。秋津遺跡では主に示した顕微鏡写真の内容をデータ化するイメージとなる。東名遺跡では基準資料としてブロックサンプルで定量的に各分析を行っており、その補足を現在行いつつある。花粉分析結果からは、コナラ属アカガシ亜属とシイ属-マテバシイ属の照葉樹林要素が最も強いが、イチイ科－イヌガヤ科－ヒノキ科の針葉樹、エノキ属－ムクノキとコナラ属コナラ亜属の落葉樹もやや多い。貝塚層にはイネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属などの草本も多い。追加で行った１ｍｍ以上の有機残存物は、種実類とその破片と炭化材片が検出される。特に種実類の破片としてコナラ属の果皮片とみられるブナ科果皮片としやものが最も多く、食料となったイチイガシなどの果皮片である。また、カヤもややあり、花粉分析結果のイチイ科－イヌガヤ科－ヒノキ科に対応できる。他はカラスザンショウなどのサンショウ属やニワトコの二次林種が多い。炭化材片ではコナラ属クヌギ節が極めて多く、選択的に利用されたとみなされる。本遺跡例は分析間の解析連携がよくわかる結果である。秋津遺跡にみるような埋没土を対象として、その評価を総合的な分析から行って行く必要があるが、埋没土は分解が著しく有機物の残存が悪く、炭化物や分解（劣化）した有機遺体片をデータ化し、無機粒子の組成と堆積組織から解析していく必要がある。



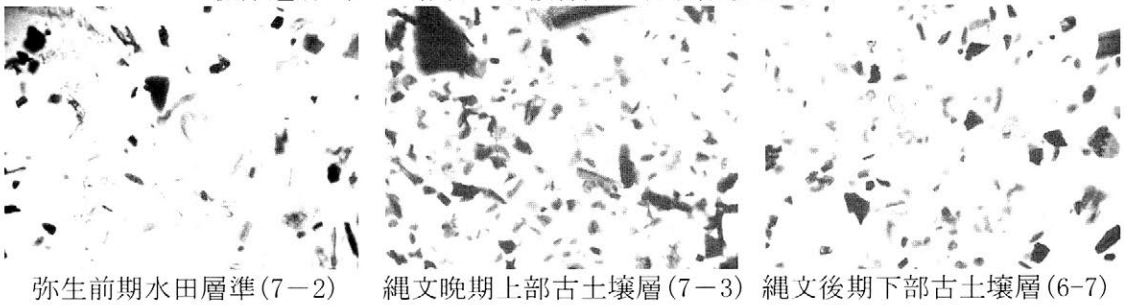
東名遺跡第２貝塚Ｉトレンチ中地点花粉分析結果

東名遺跡第２貝塚７区種実および炭化材

第２貝塚７区

試料番号	層位	種実遺体（和名、個数）	炭化材（和名）
1	5層	ブナ科果皮片4, 不明種実片4	散孔材
2	7層	ブナ科果皮片13, 不明種実片1	
3	8層	ブナ科果皮片31, ヤマグワ1, カラスザンショウ1, ニワトコ2	コナラ属クヌギ節
4	11層	エイ・サメ椎骨1, タイ科歯1, 骨片6	
5	12層	ブナ科果皮片11, カラスザンショウ1, ヤマグワ2, ニワトコ1, 不明種実片1	
6	14b層		コナラ属クヌギ節
7	15層	カヤ3, ブナ科果皮片4, カラスザンショウ1, ニワトコ1	コナラ属クヌギ節
8	16層	ブナ科果皮片5	
9	16層	ブナ科果皮片7, アカメガシワ1	コナラ属クヌギ節
10	17層	カヤ5, ブナ科果皮片10, カラスザンショウ	
11	19層	カヤ1, ブナ科3, 不明種実片1	
12	20層	カヤ5, ブナ科果皮片23, サンショウ属4, 不明種実片6	ヤブツバキ
13	21a層	カヤ11, ブナ科果皮片1, カラスザンショウ1, 不明種実片6	広葉樹
14	21b層	ブナ科果皮片12, 不明種実片4	
15	23層	カラスザンショウ1, アサ1	コナラ属クヌギ節
16	24層	ブナ科果皮片7, サンショウ属1, 不明種実片1	コナラ属クヌギ節
17	25層	ブナ科果皮片1, サンショウ属1, ニワトコ1	広葉樹
18	26層	ブナ科果皮片1, 骨片1	
19	27層	ニワトコ１	ヤブツバキ
20	28層	ブナ科果皮片20, 不明種実片2	コナラ属クヌギ節
21	29層	ブナ科果皮片13, カラスザンショウ1, サンショウ属1, キランソウ属1	モチノキ属
22	30層		コナラ属クヌギ節
23	31層		
24	32層		コナラ属クヌギ節
25	33層		クスノキ科
26	37層	ヒメコウゾ2, ニワトコ1	
27	38層	ヤマグワ1, カラスザンショウ2, サンショウ属3, ニワトコ4	コナラ属クヌギ節
28	39層	ニワトコ1	
29	40層	ブナ科果皮片5, ヤマグワ5, サンショウ属2, ニワトコ4	タラノキ属
30	42層	ブナ科果皮片1, ニワトコ1	ヤブツバキ
31	43層	ブナ科果皮片1, カラスザンショウ2	コナラ属クヌギ節
32	44層	ブナ科果皮片22, 不明種実片1	
33	46層	ブナ科1, サンショウ属1	
34	47層	カラスザンショウ3	
35	48層		
36	49層	ブナ科果皮片2, カラスザンショウ1, 不明種実片2	
37	50層	カヤ4, ブナ科果皮片126, 不明種実片1	
38	51層	ブナ科果皮片6, カラスザンショウ1	広葉樹
39	51層	カヤ1, ブナ科果皮片51, サンショウ属1, ニワトコ1, キランソウ属1	樹皮
40	52a層	カヤ7, クマノミズキ1	コナラ属クヌギ節
41	52b層	カヤ7, ブナ科果皮片7,	コナラ属クヌギ節
42	54層	ブナ科果皮片2	
43	55層	ムクノキ1, ニワトコ1, カジノキ1, ニワトコ12	イヌガヤ
44	56層	ニワトコ1	コナラ属クヌギ節
45	57層	ニワトコ9	
46	58層		カヤ
47	59層		コナラ属クヌギ節
48	60層		
49	63層	ニワトコ2	
50	64層	カラスザンショウ1	
51	65層	ブナ科	

秋津遺跡（2013 報告から抜粋）生物顕微鏡写真（×200）



弥生前期水田層準(7－2)　縄文晩期上部古土壌層(7－3)　縄文後期下部古土壌層(6-7)

糞石の基礎的研究

Fundamental studies of Coprolite

○金原正子（古環境研究所）　金原正明（奈良教育大学）　中村慎一（金沢大学）
鄭雲飛（浙江省文物考古研究所）　孫国平（同）　西田巖（佐賀市教育委員会）
Masako Kanehara, Masaaki Kanehara, Shin-ichi Nakamura, Zheng Yunfei,
Sun Guoping, Iwao Nisida

はじめに

今まで遺跡より出土した糞石について分析を行ってきた。過去に佐賀市の東名遺跡の糞石分析についてポスターにて発表したが、今回、中国の田螺山遺跡から出土した糞石の分析を行う機会を得ることができた。肉眼的観察および寄生虫卵分析、花粉分析を実施し、食性、植生について東名遺跡と比較検討を行いその成果をケース報告する。

分析概要

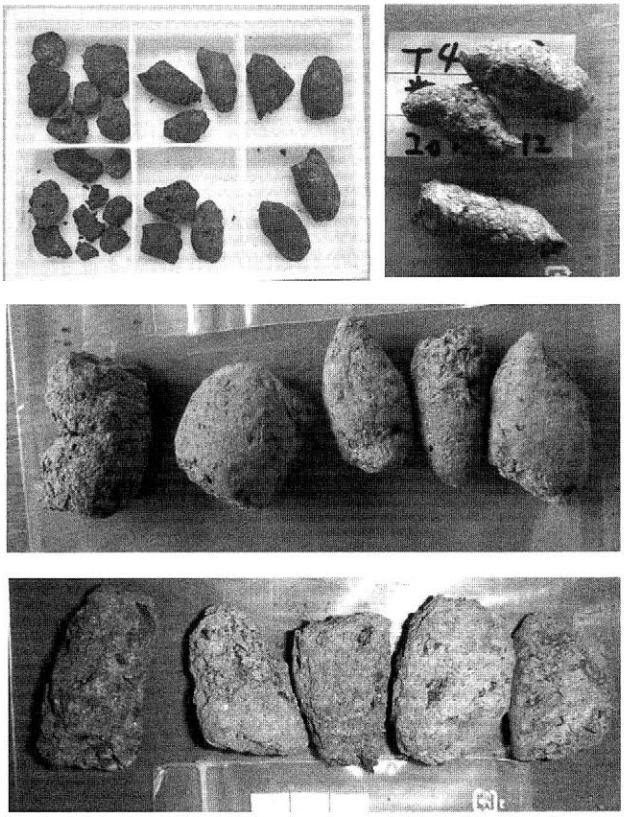
試料は、出土した糞石を保管した際に摩擦で崩れた極微量（0.01ｇ～0.40ｇ）のサンプルで、肉眼的観察は、現場で撮影した外観写真にて、骨片、木片、炭片の有無を観察した。分析方法は、極微量で特に塊りも認められなかったため、すりつぶしたり、塩酸処理などは行わず通常の微化石処理を施した。

結果と考察

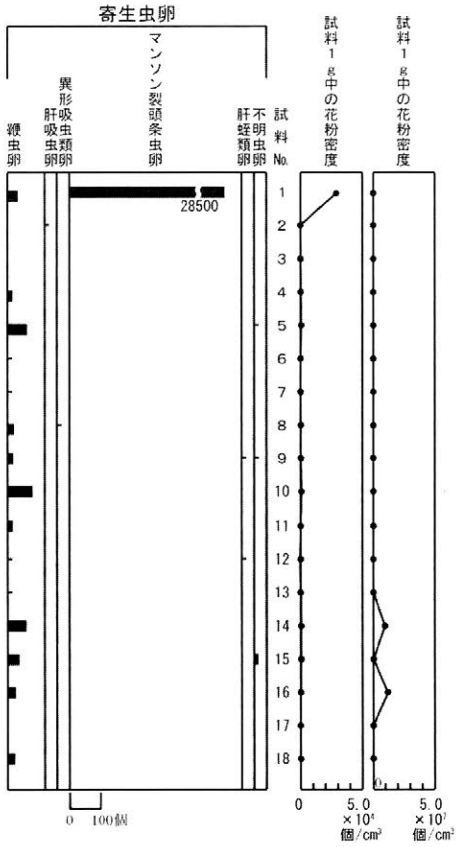
糞石はT301地点とT406地点から多数出土し、その形態からヒトないしイヌの糞に由来するとみなされる。分析の結果、糞石43点中31点から寄生虫卵が検出された。その内訳は、鞭虫卵、肝吸虫卵、異形吸虫類卵、マンソン裂頭条虫卵、肝蛭類卵、不明虫卵であった。いずれの試料も、比較的密度は低く、鞭虫卵が優占するが、T406の１点は、マンソン裂頭条虫卵が極めて優占し密度も高い。外観では、貝はほとんど認められず、骨片、炭化した木片、藍鉄鉱が含まれる。糞石の大きさと寄生虫卵の密度に相関はみられず、出土した地点よる相違もみられない。これは糞石が排便１回分の一部分であるため糞便個々の個体差による変動であると考えられる。マンソン裂頭条虫卵が優占する１点を除き形態や外観、検出された寄生虫卵（鞭虫卵、肝蛭類卵）などからこれらの糞石はヒトに由来すると考えられる。マンソン裂頭条虫卵が優占する糞石から鞭虫卵が検出されるが、試料が糞石を破壊して採取したものではなく、崩れ落ちたものであるためT406からは他にも糞石が出土するためコンタミネーションの可能性が考えられ、この１点はイヌに由来するとみなされる。

同時に行った花粉分析では、密度の低いものもあるが、草本花粉の占める割合が高く、イネ科（イネ属型を含む）、ガマ属－ミクリ属が優占する。これは出土地点が低湿地でガマ属-ミクリ属やイネ科（イネ属型を含む）が生育する湿潤な堆積環境であったとみなされ、特に食性を反映するものではないと考えられる。出現した樹木花粉のコナラ属アカガシ亜属、コナラ属コナラ亜属、マツ属複維管束亜属、アカメガシワ属は本遺跡の周辺に生育していたと考えられる。

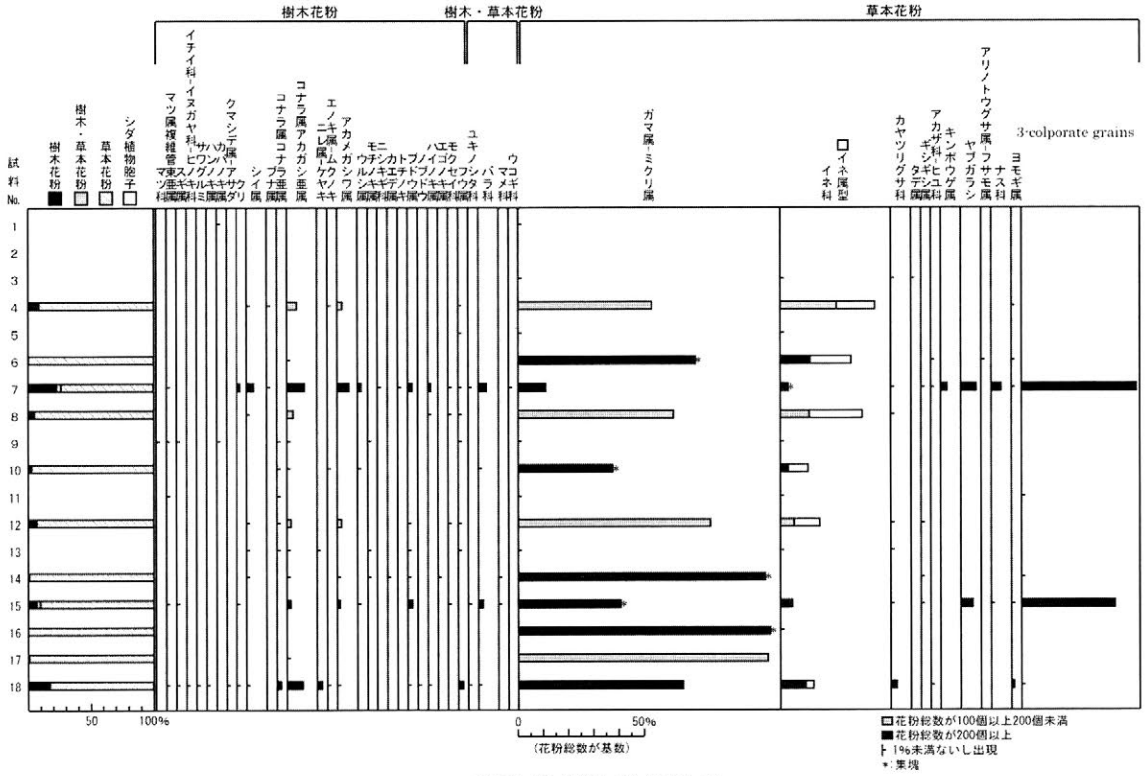
縄文時代早期の貝塚である東名遺跡の糞石では、比較的大きな骨片や木片が観察され、寄生虫卵の検出率は33%、鞭虫卵、マンソン裂頭条虫卵が優占する。一方田螺山遺跡では、大きな木片は観察されず炭化した骨片、木材、藍鉄鉱などがみられ、寄生虫卵の検出率は72%で、鞭虫卵、マンソン裂頭条虫卵が優占する。いずれも食性を示す花粉は認められなかった。今後も分析の例数を増やし検討を行う必要があろう。



田螺山遺跡出土 糞石 2012年度 2013年度試料



寄生虫卵分析結果(2013)



花粉分析結果(2013)

繊維遺物鑑別のための基礎研究

—人工的に炭化させた国内各産地の大麻繊維の比較—

Microscopic Study for Identification of Excavated Fibers

—Comparison between Artificially Carbonized Hemp fibers from Different Districts in Japan—

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

1. はじめに

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

2. 試料

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

表1　国内各産地の大麻繊維

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

3. 実験方法

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

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

【観察・計測】分析試料は、低温アセトン包埋割断法[2]により切断面を作製し、走査型電子顕微鏡(JSM-5310LV, JSM-6010LA：日本電子製)を用いて観察した。各試料50本の単繊維について、繊維幅は観察ソフトウェアの測長機能を用いて長径を計測、断面積および周囲長は計測ソフトウェア(ｾﾏﾌｫｰﾘﾎﾟｰﾀｰ：日本電子製)を用いて計測し、それぞれ平均値を求めた。

4. 結果および考察

人工炭化させた国内各産地の大麻繊維(単繊維)各 50 本の繊維幅および断面積、周囲長を走査型電子顕微鏡で観測した。各産地の炭化前後の繊維断面積値の変化を図 1 に示す。

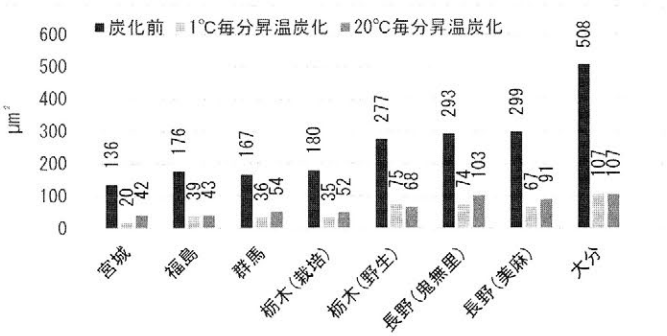


図 1 炭化前後の平均繊維断面積値(μm²)

また、産地別比較のため、統計ソフト(SPSS)を用いて分散分析および多重比較を行い、平均値を比較した結果、炭化速度 1 ℃毎分で人工的に炭化させた試料では、繊維幅 : F(7, 392)= 30.32, P<.05、断面積値 : F(7, 392) =26.89, P<.05、周囲長 : F(7, 392)=28.10, P<.05、炭化速度 20℃毎分で人工的に炭化させた試料では、繊維幅 : F(7, 392)=21.38, P<.05、断面積値 : F(7, 392)= 20.10, P<.05、周囲長 : F(7, 392)=26.32, P<.05 で各産地の効果は有意であり、繊維幅、断面積値、周囲長共に平均値は産地によって差があるという結果を得た。

さらに、繊維幅、断面積、周囲長の各平均値について、Tukey HSD 法による多重比較を行った。その結果、断面積値平均において、昇温速度 1 ℃毎分での炭化試料では、3 つの等質サブグループに分けられ、グループ 1(①～④)とグループ 2(⑤～⑦)とグループ 3(⑧)の間に有意差水準 5%で有意差が認められたが、昇温速度 20℃毎分の炭化試料では、4 つの等質サブグループに分けられ、グループ 1(①～④)、グループ 2(②～⑤)、グループ 3(③～⑥)、グループ 4(⑦⑧)の間に、有意差水準 5%で有意差が認められる結果となった。このことは、未処理の状態(炭化前)では突出して繊維が太く断面積値において他の全ての産地と有意差のあった大分県の大麻繊維は、昇温速度 20 毎分での人工炭化後は、同条件で炭化した長野県産の繊維との有意差が無くなることを示している。このように、炭化した繊維遺物は元の繊維の太さが大きく変化している可能性があるため、形態変化の傾向をとらえ、鑑別する際には形態観察に加えて、収縮率など遺物の状態に即した要素を加味して鑑別を行うことが望ましいと考える。今後は、人工的に劣化させた場合の値の変化についても検討を加えて、さまざまな状況で出土・発掘される繊維遺物の形態比較による鑑別の確度向上に寄与するようなデータの蓄積を行っていきたいと考えている。

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

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

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

宇都宮旧新石町の山車・火焔太鼓の菊飾りに用いられた彩色材料分析報告

Scientific research on the painting materials used in a parade float decorated with chrysanthemum ornaments in Utsunomiya

○田中眞奈子[1]・荒井経[2]・谷中美佳子[3]・井上真沙美[4]・宮北千織[4]
(1 東京藝術大学、2 東京藝術大学大学院、3 日本画家、4 文星芸術大学)

はじめに

宇都宮市旧新石町の山車・火焔太鼓の菊飾りに用いられている彩色材料の分析を行った。旧新石町の山車は市内最古のものとして歴史的価値が大きく、1913 年まで宇都宮二荒山神社の菊水祭で巡行し、豪華な装飾が多くの人を魅了してきた。菊水祭りの山車の多くが、宇都宮大空襲で焼失したり戦後に散逸したりするなかで、火焔太鼓は市内に現存しながらも、分解保管されてきたが、2014 年 10 月末の菊水祭での巡行をめざし現在山車の修復が進められている。江戸弘化 4 年（1847 年）の絵巻に山車の絵が描かれていることから、山車の一部は江戸文政期（1804-1830）に建造され、その後明治期に修復や改修がされたものと考えられている。地域の民俗文化財である山車に用いられている彩色材料の分析事例はこれまでほとんど報告されておらず、どのような材料や技法が用いられているかについては不明な点が多い。本研究は、地域の重要な民俗文化財である宇都宮旧新石町の山車に用いられている彩色材料を明らかにし、それらから山車の彩色技法や制作年代を推定することを目的としている。最終的には、修復に役立つデータを得ることを目的とする。

分析方法

山車・火焔太鼓の菊飾りは１３のピースで構成されており、具体的には大きな菊飾り８つと小さな菊飾り５つ（図 1）からなる、修復に伴い、大小の菊飾り計２０箇所より試料を微量（2～3mm 角）採取し、光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡（SEM）による色彩および表面状態の観察、エネルギー分散型 X 線分析装置（EDS）におる組成分析、X 線回折装置（XRD）による結晶構造の同定を行った。

分析結果の概要

表 1 に、菊飾りの代表的な色味の分析を通して使用が推定される彩色材料について示す。

(1) 大きな菊飾りの下地および白色部分は平板状の細長い結晶（葉状構造）で構成されており、Ca が多く検出されたことから炭酸カルシウム（胡粉）と考えられる。緑色部分は球状の粒子で構成されており（図 2）、Cu、As などが検出されたことから、人工顔料である花緑青の使用が推察される。顕微鏡観察により、炭酸カルシウム（胡粉）を混ぜることで緑色の濃淡を表現していることが明らかになった。赤色部分からは S、Hg、Pb、Ca などが検出され、XRD により Cinnabar と Minium のピークと一致したことから、水銀朱と鉛丹が用いられていることが確認された。橙色部分からは Ca の他、S、As、Hg などが検出され、XRD により Orpimentm、Cinnabar および Calcite ピークが検出されたことから、石黄、水銀朱および炭酸カルシウム（胡粉）を併用していると推定される。ピンク色部分からは Ca、S、As、Hg などが検出されたことから、橙色部分と同様に石黄、水銀朱、炭酸カルシウム（胡粉）が使用されていると考えられるが、その色味から、臙脂などの染料も用いられている可能性が高い。水色部分からは、Ca、Si、S、K などの元素が検出され、炭酸カルシウム（胡粉）以外に顔料として特定出来る元素が検出されなかった。水色の色味を出すため、染料の藍の使用が推定される。青色部分からはガラス特有の形状を持つ粒子が観察され（図 3）、Si、K、S、Co などが検出されたことから、人工顔料である花紺青（スマルト）が使用されていると考えられる。黄色部分からは Ca、S、As などが検出され、XRD により Orpiment と Calcite が検出されたことから、石黄と炭酸カルシウム（胡粉）が使用されている。金色部分は、Au、Ag、Cu が検出され、定量結果から 4 号色相当の金箔と考えられる部分と、Au、Cu、Ag、Zn が検出され、純度の低

い金箔と考えられる部分があった。
(2)小さな菊飾りも、分析により大きな菊飾りとほぼ同様の彩色材料が使用されていることが判明した。

まとめ

宇都宮市旧新石町の山車・火焔太鼓の菊飾りを材料科学的手法で調べ、用いられている彩色材料を明らかにした。菊飾りには、伝統的な彩色材料（胡粉・水銀朱・鉛丹・石黄など）の他、人工顔料である花緑青や花紺青（スマルト）が使用されていることが明らかになった。色味によっては、複数の彩色材料の併用が確認された。大きな菊飾りと小さな菊飾りでは用いられている彩色材料に大きな違いはみられなかった。ただし、大きな菊飾りの金色部分には 4 号色相当の金箔の他、純度の低い金箔も用いられており、この部分は後世に修復が施されている可能性が高い。これらのデータを参考に、現在、菊飾りの修復・復元作業を行っている。本分析結果は、山車にどのような彩色材料や技法が用いられたかを知るための貴重な情報となるだけでなく、民俗文化財に用いられている彩色材料の分析事例としても大変意義深いものと考えられる。

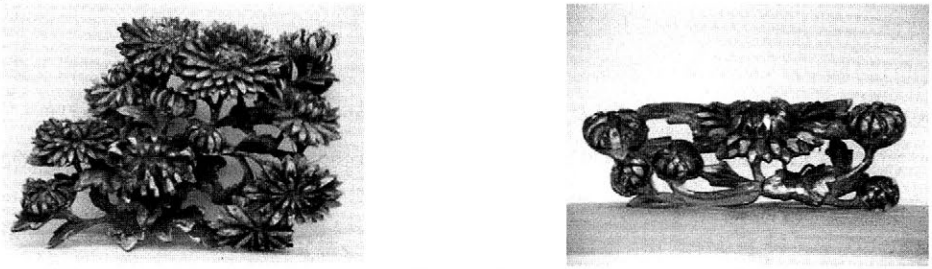


図1　宇都宮旧新石町の山車・火焔太鼓の菊飾りの代表例（左：大きな菊飾り、右：小さな菊飾り）

表1　使用が推定される彩色材料

色味	大きな菊飾り	小さな菊飾り
緑色系	・花緑青 ・花緑青＋炭酸カルシウム（胡粉）	・花緑青 ・花緑青＋炭酸カルシウム（胡粉）
赤色系	・水銀朱＋鉛丹 ・石黄＋水銀朱 ＋炭酸カルシウム（胡粉） ・石黄＋水銀朱 ＋炭酸カルシウム（胡粉）＋膠脂？	・水銀朱＋鉛丹 ・炭酸カルシウム（胡粉）＋水銀朱
青色系	・炭酸カルシウム（胡粉）＋藍？ ・花紺青（スマルト）	・花紺青（スマルト）
白色系	・炭酸カルシウム（胡粉） ・炭酸カルシウム（胡粉）＋花緑青	・炭酸カルシウム（胡粉）
黄色系	・石黄＋炭酸カルシウム（胡粉）	・石黄＋炭酸カルシウム（胡粉）
金色系	・金箔（4 号色相当） ・純度の低い金箔	・金箔（4 号色相当）

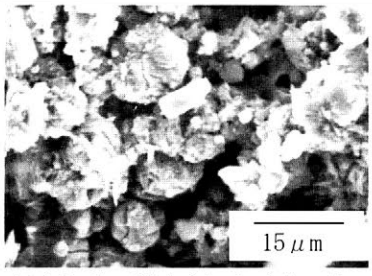


図2　緑色部分で観察された球状の粒子の SEM 像

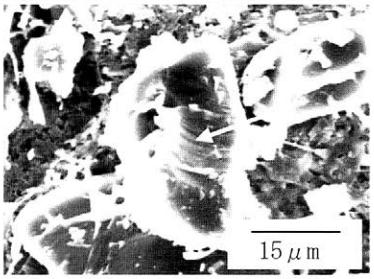


図3　青色部分で観察されたガラス特有の形状（矢印）を持つ粒子の SEM 像

平等院の国宝鳳凰・梵鐘・装飾金物の材料調査
Material Analysis of the Phoenix, the Temple Bell and the Ornamental Metals, National Treasures, in Byodoin Temple

○早川泰弘、城野誠治（東京文化財研究所）、神居文彰（平等院）
○Yasuhiro HAYAKAWA, Seiji SHIRONO (National Research Institute for Cultural Properties), Monsho KAMII (Byodoin Temple)

1．はじめに

京都府宇治市の平等院では、平成24年9月から鳳凰堂の屋根の葺き替え及び塗装に関する修理が行われ、平成26年4月に落慶法要が執り行われた。この修理に際して、鳳凰堂翼廊楼閣の最頂部に取り付けられている露盤宝珠が地上に降ろされることになり、平等院と東京文化財研究所は、この機会に南北翼廊の露盤宝珠の構成部材について非破壊・非接触の材料調査を実施した。さらに、露盤宝珠の材料と鳳凰堂に取り付けられている他の装飾金物との材料の比較検討を行うことを目的に、ミュージアム鳳翔館に保管展示されている国宝鳳凰および梵鐘の化学組成についても同様の調査を実施した。本発表では、これらの調査結果の概要を報告する。

2．蛍光X線分析による材料調査

今回の材料調査には、非破壊・非接触での調査が可能なハンドヘルド蛍光X線分析装置（BRUKER製S1 TURBO、Pdターゲット）を使用した。調査はすべて平等院内で実施し、分析条件は40kV×17μA×60秒（X線照射径φ7mm）に設定した。

3．調査結果

（1）露盤宝珠

南北翼廊の露盤宝珠は、上から①宝珠、②宝茎、③反花、④宝瓶、⑤伏鉢、⑥露盤の6つの部材で構成されている（図1）。南北の①宝珠は昭和修理時に新調されているが、他の部材は製作年代が特定されておらず、これまで科学的な調査が行われたことはない。それぞれの部材は、ほぼ全面が青緑色の腐食生成物で覆われているが、いずれの部材も金色を認識できる箇所がいくつか存在している。

調査の結果、いずれの部材もCuが主成分でPb 、As、Snを少量含むとともに、1%以下のAg、Sbを含む材料であることが明らかになった。材料はPb含有率によって次の2種類に大別できることもわかった。

(1) Pb>10~20%：南③反花、南④宝瓶、南⑤伏鉢、南⑥露盤
北②宝茎、北⑥露盤

(2) Pb<10%　：南②宝茎
北③反花、北④宝瓶、北⑤伏鉢

また、鍍金に由来すると考えられるAu、Hgは金色部分だけでなく、金色がほとんど認識できない青緑色部分からも検出された。Auの検出強度から鍍金層の厚みを計算してみると、ほとんどの部材で0.1~0.3μm以下と算出されたが、南④宝瓶では0.3~0.7μmという厚みが得られた。

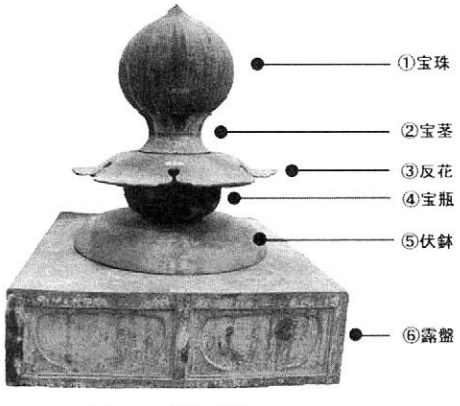


図1　露盤宝珠

（2）鳳凰

現在、鳳凰堂中堂の大棟両端に据えられている鳳凰像は昭和47年製作の複製で、鳳凰堂創建当初の製作と考えられている像（国宝）はミュージアム鳳翔館で保管展示されている。鳳凰像は主体となる頭部（頸部を含む）、胴体（胸部、腹部）、翼、脚部が別々に鋳造され、それに板状の風切羽、尾羽が鋲留めされている。台座裏には1メートルを超える長さの中空軸が延び、これを鉄芯軸に差し込んで鳳凰像を支える構造になっている。

今回は、南方像については頭頂から台座下の中空軸まで、北方像については脚部と台座の材料調査を実施した。その結果、南方像には下記の4種類の材料が存在していることが明らかになった（図2）。また、北方像の脚部と台座の化学組成は、南方像の主体部の組成に近いものであった。

図2　国宝 鳳凰（南方像）

①主体部（頭部・嘴・頸部・胸部・翼・脚部）：
Cu80-90%、Pb5-10%、Sn2-3%、As3-5%（鍍金あり、最大1μm）

②風切羽、尾羽　：Cu>95%、Pb1%、Sn<1%、As<1%（鍍金あり、0.2μ以下）

③台座　：　Cu80%、Pb10-15%、Sn3-5%、As2-4%（鍍金なし）

④宝珠　：　Cu99%、Pb<1%、Sn<1%、As<1%（鍍金なし）

（3）梵鐘

平等院には天下三鐘の一つに挙げられる梵鐘（国宝）が在する。現在鳳凰堂の南丘に建つ鐘楼に懸けられているのは昭和47年に据えられた複製で、国宝に指定されている梵鐘はミュージアム鳳翔館で保管展示されている（図3）。

頂上の宝珠から鐘身の下方までを分析したところ、検出されたのはCu、Pb、Sn、As、Ag、Sbの6元素であり、Au、Hgは検出されなかった。龍頭から池の間までで得られた化学組成はCu90、Pb5%、Sn3、As1%程度でよく一致した。これに対し、撞座および草の間から得られた化学組成はCu85%、Pb8%、Sn3%、As2%程度で、池の間より上方の組成値に比べ、Cu含有率が5%程度低い結果となった。しかし、As、Ag、Sb含有率に差異はほとんど認められず、材料が異なっているわけではなく、偏析や腐食生成物、あるいは汚れなどの影響で定量値に差異が生じたものと考えられる。

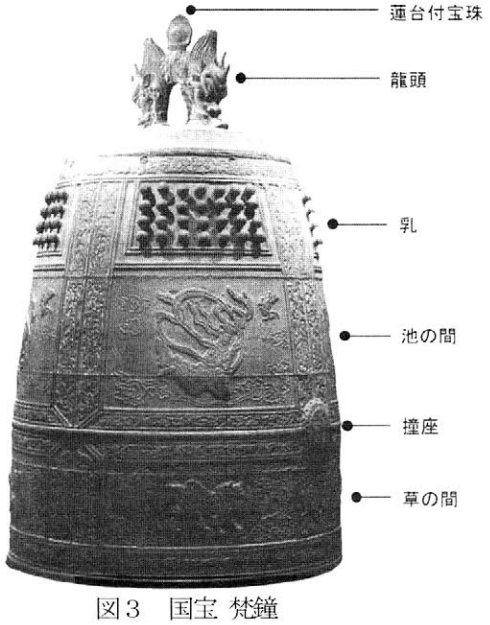


図3　国宝 梵鐘

ここで得られた梵鐘の化学組成値は、上述の鳳凰主体部（Cu80-90%、Pb5-10%、Sn2-3%、As3-5%）の組成値に近いが、As濃度が異なっている。梵鐘ではAs含有率は確実に2%以下であるのに対し、鳳凰主体部では3-5%以上含まれている。露盤宝珠の材料も、As含有率はほとんどが5%以上であり、やはりAs含有率において差異が認められる結果であった。

和歌山市園部円山古墳出土遺物についての再検討

Reexamination of some burial goods recovered from Sonobe Maruyama Kohun

○清水　梨代（和歌山市教育委員会）

はじめに

和歌山市園部円山古墳は和泉山脈の先端に位置する6世紀後半の円墳である。和歌山市内では珍しい砂岩の巨石を用いた石室であることから、古墳本体に関しては発見後早い段階で市指定史跡になっているが、石室から出土した遺物に関しては正式な報告書が刊行されていないことも相まって、一般的にはあまりその内容が知られていない。今回、和歌山市教育委員会で園部円山古墳の文化財看板を更新するに際して、出土遺物の再検討を行う機会を得た。

園部円山古墳の概要

園部円山古墳は、鳴滝川の東岸、和泉山脈から南へ派生する尾根の先端に位置する全長9.55mの両袖式横穴式石室を持つ復元直径25ｍの円墳である。園部円山古墳の周辺には鳴滝川を挟んで西側に大谷古墳、奥出古墳、鳴滝古墳群、雨が谷古墳群をはじめとする多くの古墳や初期須恵器が多数出土した楠見遺跡や古墳時代の大型倉庫群として著名な鳴滝遺跡など古墳時代の重要な遺跡が連なっており、紀ノ川河口域北岸の遺跡の多い地域である。天王塚古墳（岩橋千塚古墳群）をはじめとして紀ノ川下流域の古墳の多くが扁平な緑色片岩を用いた石室であるのに対して、園部円山古墳の石室は砂岩の巨石を用いていることに大きな特長がある。その一方で、玄門部にやや幅の狭い空間を作り出していることや玄門部の上部に緑色片岩の板材を梁のように架けること、玄室内から羨道を通って石室外に抜ける排水溝を持つことなど、石室の構造は岩橋千塚古墳群の横穴式石室を意識していることが伺える。中世に石室が再利用されたため、石室内から出土した副葬品の残りは悪いが、圭頭太刀の柄頭や金銅装の刀装具、馬具、耳環等が出土しており、本来は豪華な副葬品を伴っていたと考えられる。

調査の手法と結果

調査手法としては、対象資料の外観的特徴および製作技法を推定する事を目的に、従来の考古学的、美術工芸史的手法による観察を行い、さらに対象資料の材質を把握し、製作技法を推定する事を目的としてＸ線透過写真による観察、蛍光Ｘ線分析による元素分析を実施した。

Ｘ線透過写真による観察

【撮影条件】　電圧：90～120Kv　　電流：５mA　　距離：１ｍ　　時間：1分
フィルム：富士ＩＸ８０・富士ＦＲ

元素分析

【測定条件】　奈良大学文化財学科保存科学研究室設置
エネルギー分散型微小部蛍光Ｘ線分析装置 EAGLE II　XXL　NR（アメリカ EDAX inc.製）

【測定条件】　X線管球：クロム（Cr）　電圧－電流：30Kv－650μA
コリメーター：0.1mm 測定環境：真空　測定時間：200～300 秒

Ⅰ　実見およびX線透過写真による観察

圭頭太刀；柄頭の本体部分は一鋳で造られており、透かしを入れる部分を切り抜き、縁を折り返して処理をし、透かしと本体部分は鋲で止めている。また、透かし部分は列点文で縁どられている。なお、柄頭内部の木製部分の残りは良く、目釘も観察できる。

刀装具；鞘尻金具が二点あることから、少なくとも２振の刀剣があったと考えられる。個々のサイズから、鞘尻金具２・柄金具・鍔がセット関係にあるものと考えられる。また、銹化による壊れ方から鞘尻金具２は鍛造製の可能性のほうが高いと考えられる。なお、鋲を伴う鞘尻金具１は圭頭太刀の柄頭とセット関係にある可能性が考えられる。

馬具；杏葉はすくなくとも４点あり、保存処理をしていない杏葉に関しても別造の透かし文様が遺存している可能性が高い。なお、辻金具にも花形の坐金が付いているなど全体的に装飾的な馬具であったと考えられる。

耳環；耳環の芯は中実である。

Ⅱ　元素分析

圭頭；本体部分（主）銅・鉛（微）錫　　透かし（主）銅（微）錫・鉛
鞘尻金具１（主）銅・金（微）錫　　柄金具（主）銅・鉛（微）錫・金
鞘尻金具２（主）銅・鉛（微）錫・金　　鍔（主）銅・銀・金
辻金具；本体（主）鉄・銅　　坐金（主）銅・鉄（微）金
杏葉１；本体（主）鉄　透かし飾部分（主）銅・金（微）銀
耳環１・２（主）金・銀（微）銅・錫　　耳環３・６（主）銅・銀（微）錫
耳環４・５（主）金・銅（微）錫　　耳環７（主）銅

考察

今回の調査の結果から、以下のようなことが考えられる。

① 圭頭太刀の柄頭は全体に金鍍金が施されているが、本体部分と透かし部分で地金の材質が異なる。硬い青銅よりも、柔らかい銅製のほうが透かしや列点といった細工をおこないやすかったと考えられる。
② 鍔は、銅製の地金に、金と銀の合金を鍍金したものである。この鍔に伴うと考えられる柄金具と鞘尻金具は青銅の地金に金を鍍金したものである。このことから、異なる色合いの刀装具により１振の刀を装飾していたと考えられる。
③ 花型の坐金を伴う辻金具および、杏葉は鉄地金銅製である。なお、杏葉の透かし部分には圭頭太刀の柄頭の透かし部分と共通する粗い列点文が縁に施されている。このことから、馬具と圭頭太刀は同系統の工人により制作された可能性が考えられる。
④ 耳環１と耳環２は、金に少量の銀を添加した合金が、耳環３と６は銀が、耳環４と５は金が銅製の中実の芯に鍍金されている。耳環７については金の検出だけでなく、水銀の検出もなかったことから銅環である可能性が高い。以上のことから、園部円山古墳には色調の異なる２組の金環と１組の銀環、銅環の少なくとも４組の耳環が副葬されていたことが判明した。

＊　謝辞および参考文献は紙面の制約上割愛させて頂きます。

山陰西部（出雲・石見）地域の錫製環状製品について
The report of ringed products made by tin in the San-in western part(Izumo, Iwami)

○上山晶子（島根県埋蔵文化財調査センター）

1.はじめに

錫製環状製品については、1980 年代後半から 2000 年代にかけて材質の同定などの先行研究が行なわれている。それらによれば、錫製環状製品は古墳時代後期の墳墓から出土し、出土時の状態は必ずしも完形であるとは限らない。また、外観上の特徴としては、劣化している錫製品の特徴としてブロック状の錆に覆われていることや黒灰色を呈することがあげられる。今回、島根県大田市・庵寺古墳群出土資料１点に、このような外観上の特徴を持つ資料が見つかったため、肉眼観察・実体顕微鏡観察（40 倍）・X 線透過写真観察・蛍光 X 線分析によって、素材の同定を行なった。また、この資料以外にも類例があると推測し、島根県教育委員会が行なった過去の発掘調査の報告書から、出雲・石見地方の古墳時代後期の遺跡より、ほかに８点の資料を挙げ材質の同定調査を行なった。

2.当該資料について

資料は、山陰西部地域（現在の島根県出雲・石見地方）から出土した錫製と推測される耳環２点と環状製品７点の合計９点である。庵寺古墳群のもの以外は、先行研究を参考に、以下の３点を基準として、抽出を行なった。

○耳環、あるいは半円・円弧を描く形状の環状製品で黒灰色を呈するもの
○ブロック状の錆の有無（肉眼・実体顕微鏡[40 倍]による観察）
○X 線透過写真では、X 線の透過度

なお、これらの資料は全て保存処理が施されている。

No.	遺跡名	所在地	出土地点	時期		形状
1	岩屋口北遺跡	安来市	6号横穴墓	大谷4期	6C後半～7C初頭	三日月状
2	島田池遺跡	松江市	4区6号横穴墓	大谷4期		半円形
3	島田池遺跡	松江市	6区10号横穴墓	大谷4期		半円形
4	島田池遺跡	松江市	6区10号横穴墓	大谷4期		半円形
5	島田池遺跡	松江市	6区10号横穴墓	大谷4期		半円形
6	島田池遺跡	松江市	6区10号横穴墓	大谷4期		半円形
7	島田池遺跡	松江市	6区13号横穴墓	大谷4期		環状
8	庵寺古墳群	大田市	1-A号墳横穴式石室	石見4期	6C後半～7C初頭	耳環（完形）
9	日脚遺跡	浜田市	4号墳石室	-	6C末～7C初頭	耳環（半切）

3.蛍光 X 線分析による材質の同定と結果

材質の同定を行なうにあたり、蛍光 X 線分析法による元素定性分析（非破壊）を行なった。測定箇所は表面部分と破断面の各々数ヶ所である。使用機器は島根県古代文化センター所有・島根県埋蔵文化財調査センター設置の「エスアイアイ・ナノテクノロジー社製

SEA1200VX 卓上型ケイ光X線分析計（エネルギー分散型）」である。測定条件は、励起電圧 50kV、管電流は 452～1000μA（管電圧による自動設定）、測定時間は 100 秒（うち、有効時間は 58～63 秒）、測定雰囲気は大気、測定範囲は直径 8.0 ㎜、X線管球は Rh、検出器はマルチカソード Si 半導体検出器である。結果を下記の表に示す。

No.	最も高いピークを示した元素		ピークを検出した元素	
	表面	破断面	表面	破断面
1	Sn	Sn	Pb>Fe>Zn	Pb>Fe>Zn
2	Sn	Sn	Fe>Pb	Fe>Pb
3	Sn	Sn	Fe>Zn>Cu	Fe>Zn>Cu
4	Sn	Sn	Fe>Cu>Zn>Pb	Fe>Cu>Pb>Zn
5	Sn	Sn	Cu>Fe>Zn	Fe>Cu>Pb>Zn
6	Sn	Sn	Fe>Cu>Zn>Pb	Fe>Cu>Zn>Pb
7	Sn	Sn	Fe>Pb>Zn	Fe>Pb>Zn
8	Sn	Sn	Pb>Fe	Pb>Fe
9	Sn	Sn	Fe>Pb>Zn>Cu	Fe>Pb>Zn

4.まとめ

これらの資料が全て保存処理を施されていることや、蛍光X線分析によって検出されたスペクトルピークは遺物表面の状態を示しているにすぎないことを前提に、観察結果も踏まえて、概ね次のようなことが考えられる。

○全ての資料において、錫のみが突出して高いスペクトルピークを示しており、劣化した出土遺物として錫製環状製品の外観上の特徴であるブロック状の錆を持つことから、これらの資料には錫が含まれる。
○錫以外に検出ピークを示した元素は、材質に由来するものであるか否かについて断定することは困難である。しかし、仮に材質に由来するものであった場合、外観がよく似た資料は同じような組み合わせの元素が含まれているため、材質や技法に何らかの関連性があるものと推測される。

【参考・引用文献】

永嶋正春 1986「X線機器による非破壊的調査」『星の宮神社古墳・米山古墳』栃木県教育委員会
成瀬正和 1989「我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
村上隆 1997「古墳時代の金工品に用いられた金属材料と製作技術」『日本の美術』No.371
比佐陽一郎 2004「錫、鉛製耳環に関する基礎的検討－福岡市内の出土例を中心として」『古文化談叢』第 50 集
島根県教育委員会 1985『日脚遺跡』
島根県教育委員会 1997『岩屋口北遺跡・臼コクリ遺跡（F 区）』
島根県教育委員会 1997『島田池遺跡・鶴貫遺跡』
島根県教育委員会 2010『梨ノ木坂遺跡・庵寺古墳群・庵寺遺跡Ⅱ』

沖縄県立博物館・美術館所蔵　梵鐘の科学的調査

Scientific investigation of the temple bells in the collection of the Okinawa Prefectural Museum and Art Museum

○ 鳥越俊行（奈良国立博物館）、崎原恭子（沖縄県立博物館・美術館）、松井和幸（北九州市立自然史・歴史博物館）、新郷英弘（芦屋釜の里）、八木孝弘（八木鋳金）

○ Toshiyuki TORIGOE (Nara National Museum), Kyoko Sakihara (Okinawa Prefectural Museum and Art Museum), Kazuyuki MATSUI (Kitakyushu Museum of Natural History and Human History), Hidehiro SHINGOU (Ashiyagamanosato), Takahiro YATSUKI (Yatsuki Chuukin)

1. はじめに

琉球鐘と呼ばれる梵鐘がある。沖縄に所在するこれらの梵鐘は、室町時代前期の一般的な和鐘の特徴を備えているが、紀年名が中国の年号となっている点を特色とする。

これら琉球鐘については、坪井[1)2)]や杉山[3)]により銘文や形態等の研究が行われてきた。今回、鋳造技術者の視点や携帯型蛍光X線分析装置による分析など、新たな調査手法を取り入れた調査研究「考古学から見た中世鋳物師の総合的研究（科研費基盤 C、研究代表者松井、2011～2013 年）」を行った。ここでは、沖縄県立博物館・美術館所蔵の梵鐘に対して実施した科学的調査の成果について報告する。

2. 調査資料と測定機器

琉球国旧記や琉球国由来記などの古記録を見ると、30 以上の梵鐘が琉球へもたらされたり造られたりしたと考えられる。その後、破損による改鋳や沖縄戦による破壊などにより、15 口が現在確認されており（一部破損のものを含む）、そのうちの 11 口は沖縄県立博物館・美術館が所蔵している（表 1）。同館では、約半数を常設展で展示し、残りを収蔵庫で保管している。これらの梵鐘には、海外流出による通常のサビとは異なる白っぽい錆に覆われているものや、戦災による被熱で黒っぽい薄い皮膜に覆われているものが見られた。

梵鐘の成分分析には、携帯型蛍光X線分析装置（米 Innov-x Systems 社製 DELTA PREMIUM）を用い、電圧 40kV，電流 0.1 μA，照射径約 1cm の条件で行った。測定箇所は、各々の梵鐘について竜頭から駒の爪までできるだけ錆の少ない箇所を 10 か所程度選定した。なお、測定は装置を手持ちで行い、測定箇所からおよそ 1cm 離して計測した。

表1　沖縄県所在の現存する梵鐘

名称	西暦	中国暦	指定	現在の所在	法量(cm)	
					口径	総高
大聖禅寺鐘	1456	明・景泰七		米国バージニア軍事学校→首里公民館→個人蔵		
天龍精舎鐘	1456	明・景泰七	沖縄県	鳥取県青谷町弥勒寺→沖縄県立博物館蔵(県博－梵－7)	70.3	117.2
普門禅寺鐘	1456	明・景泰七	沖縄県	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－2)	50.6	63.0
天尊殿鐘	1456	明・景泰七	沖縄県	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－6)	50.5	77.3
大安禅寺鐘	1456	明・景泰七	沖縄県	米国アナポリス海軍兵学校→沖縄県立博物館蔵(県博－梵－9)	62.0	102.5
天妃宮鐘	1457	明・景泰八	沖縄県	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－3)	61.6	98.0
竜翔寺鐘	1457	明・景泰八	沖縄県	糸満市中央公民館(糸公－梵－1)	54.4	87.2
霊応寺鐘	1457	明・景泰八	沖縄県	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－4)	53.8	87.0
永福寺鐘	1457	明・景泰八	沖縄県	アメリカより返還→沖縄県立博物館蔵(県博－梵－5)	54.0	88.3
中山国王殿鐘	1458	明・戊寅年	国重文	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－8)	92.2	156.0
一品権現堂鐘	1459	明・天順三	沖縄県	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－11)	49.8	65.2
天界禅寺鐘	1466	明・成化二	沖縄県	金武観音寺(金観－宗－1)	49.3	91.0
円覚寺殿中鐘	1495	明・弘治八	国重文	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－1)	49.0	77.5
円覚寺殿前鐘	1495	明・弘治八	国重文	沖縄県立博物館蔵(県博－梵－10)	72.0	114.3
無名鐘				那覇警察署		

3. 調査結果とまとめ

いまも寺院で使用されている現役の梵鐘は、撞座の部分に地金が露出しているため、本装置での測定で良好な結果を得ることができるが、今回の測定では同一の鐘でも場所によりかなり数値のばらつきがあり、梵鐘の正確な組成値を示すことは困難である。今回の測定では、ある程度の誤差を含むおおよその値として、銅 70～80%、錫と鉛は 15～10%、鉄を少量含むという結果を得た。琉球鐘は小倉鋳物師との関連が想定されているため、小倉鋳物師作の梵鐘との比較検討をすすめデータを蓄積する必要があろう。

参考文献

1) 坪井良平:「日本の梵鐘」、角川書店、1970 年
2) 坪井良平:「日本古鐘銘集成」、角川書店、1972 年
3) 杉山　洋:「琉球鐘」、仏教芸術、237、98-115、1998 年

出光美術館所蔵イスラーム陶器片の生産と技法に関する自然科学的研究
A Scientific Study on the sherds of Islamic pottery collected by the Idemitsu Museum of Arts

○村上夏希（東京学芸大学大学院　現東京藝術大学大学院）、二宮修治（東京学芸大学）、
新免歳靖（東京文化財研究所）、岡野智彦（中近東文化センター附属博物館）、金沢陽（出光美術館）

1. はじめに

本研究では、出光美術館が所蔵するイスラーム陶器片21点について自然科学的研究を行った。

筆者らは、陶器の胎土や釉薬の材質分析から生産地や製作技法等に関する地域性や時期的な変遷を明らかにするための研究を継続的に行ってきた。特に近年はイランで製作されたイスラーム陶器の中でもStonepaste ware (複合胎土陶器) に着目し、その化学組成や製作技術を明らかにしてきた（二宮ら2011・2013)。Stonepaste技法（複合胎土技法)は、石英粉に粘土とガラス粉を加え堅い半透明質の胎土を作る技法で、10世紀にエジプトで確立したとされる。そこで本研究では、Stonepaste技法の成立と展開を明らかにする研究の一環としてエジプトのフスタート遺跡から出土した陶器片を対象に分析を行った。分析は陶器の胎土について化学組成を求め分類を行い、釉薬について材質分析を行った。本稿では胎土分析結果を中心に報告する。

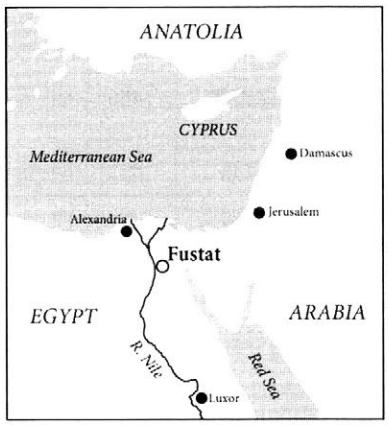


図1　遺跡地図

2. 分析手法

胎土分析では、誘導結合プラズマ発光分光分析（Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry：以下、ICP-AESとする）による定量分析を行った。ICP-AESには東京学芸大学設置のSeiko Instrument製 SPS1700を用いた。測定元素は主成分9元素（Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Pb)、微量成分2元素（Sr, Ba）の計11元素である。Pbは試料調製によって一部が蒸発する可能性が指摘されており、現在定量値の検討を行っている。本分析結果ではPbの定量値を示さず「*」で表記し、Pbが検出されなかった資料は「nd.（not detectedの略)」で示す。

3. 結果および考察

ICP-AES分析結果について各資料の化学組成の特徴を明らかにするため、定量された元素存在量によるクラスター分析を行った（SPSS社製多変量解析ソフトSPSS21.0Jを使用)。さらに特徴的な挙動を示す元素についていくつか元素濃度分布図を作成し、クラスター分析による分類結果に検討を加えた。その結果Stonepaste wareはF-1~2、Earthen wareはF-3~5に分類を行った（図2, 表1)。

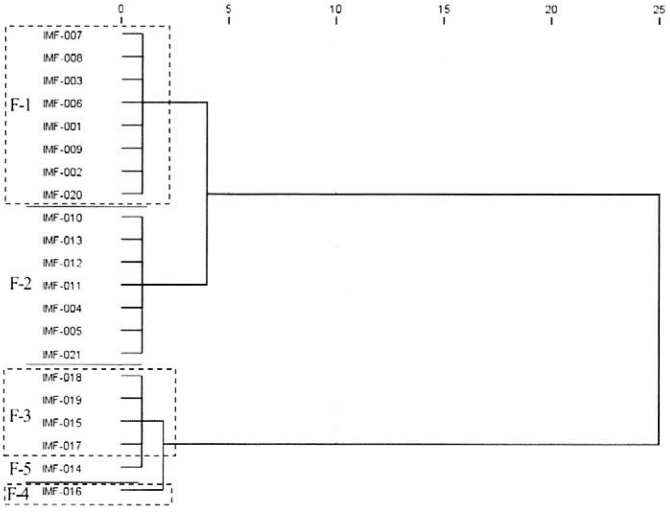
Stonepaste wareは大きく2つに分類された（F-1～2)。F-1は、F-2と比較してTiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、Na_2O濃度が高い。これらの元素は石英以外の原料由来と考えられることから、F-1の方が粘土やガラスの配合割合が高いと推測される。また分類結果は製作年代に対応し、F-1は製作年代が11~12世紀の陶器を中心に構成され、F-2は主に15~17世紀の陶器で構成された。

Earthen wareは大きく3つに分類された（F-3～5)。9世紀~11世紀に製作された陶器を中心に構成され、15世紀~17世紀に製作された白地藍彩陶器が1点（IMF-014）含まれた。IMF-014はクラスター分析結果

ではF-3に分類されたが、元素濃度分布図や考古学的見地より別グループ（F-5）とした。他資料とは性質が大きく異なる非常に特徴的な陶器といえる。

F-1、F-3、F-4は鉛釉陶器、F-2、F-5はアルカリ釉陶器であり、胎土のグループと釉薬の材質には相関関係が認められた。さらにF-1、F-3、F-4（鉛釉陶器）では胎土中からPbが検出され、逆にF-2、F-5（アルカリ釉陶器）からは検出されていない（表1）。以上の結果について筆者は胎土中Pbが添加されたガラスフリットに由来すると推測している。ガラスフリットは釉薬原料としての使用も想定され、胎土質の違いに関わらず陶器の胎土と釉薬に同一のガラスフリット原料が使用されていた可能性は高い。今後は電子顕微鏡による観察や元素分析などを行い、胎土中のPbがどのような形で存在しているかを検討し、胎土中ガラスフリットと釉薬との関連性を考えて行く。

今回得られたフスタート遺跡出土陶器に関するデータから、原料や調合の違いによって、数種類の胎土が存在することが示唆され、胎土の分類と釉薬材質には相関関係が認められた。現在はX線回折法による結晶構造解析をすすめており、今後は偏光顕微鏡による観察を併せて胎土中の鉱物同定を行っていく。



鉛釉陶器

枠なし　アルカリ釉陶器

図2　クラスター分析結果
Ward法によるデンドログラム
距離尺度：
標準化ユークリッド平方距離
変数：Pbを除く測定10元素
（各変数はZ得点で標準化）

表1　クラスター分析によって分類された各グループの平均値

分類	資料数		TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	PbO	Na_2O	K_2O	Total	Sr	Ba
			Oxide concentrations (%)										concentrations (ppm)	
F-1	8	平均値	0.31	4.3	1.5	0.02	0.6	3.5	*	3.1	0.7	14.1	290	90
		標準偏差	0.04	0.3	0.4	0.01	0.1	0.6		0.3	0.1	1.2	50	50
F-2	7	平均値	0.09	1.4	0.7	0.02	1.1	5.6	nd.	1.2	0.6	10.7	180	130
		標準偏差	0.01	0.1	0.1	0.02	0.3	1.3		0.2	0.1	1.6	40	70
F-3	4	平均値	1.02	11.8	6.8	0.09	3.3	17.1	*	1.6	1.4	43.2	800	300
		標準偏差	0.19	0.5	0.7	0.01	0.1	0.9		0.3	0.2	0.6	110	40
F-4	1		0.69	8.1	4.3	0.05	2.1	15.6	nd.	1.6	1.2	33.6	670	270
F-5	1		0.69	11.8	6.8	0.13	6.9	16.8	*	1.5	2.1	46.7	440	300

参考文献

二宮修治、村上夏希、新免歳靖、岡野智彦「セルジューク朝期を中心とする11~14世紀イスラーム陶器の自然科学的研究」
日本文化財科学会第28回大会（於；筑波大学）pp.236-237, 2011

二宮修治、村上夏希、新免歳靖、岡野智彦「イスラーム陶器の製作技術に関する研究　－12-14世紀の複合胎土陶器を中心に－」
日本文化財科学会第30回大会（於；弘前大学）pp.222-223, 2013

謝辞　本研究は公益信託吉田学記念文化財科学研究助成基金助成金より研究支援を受けて実施いたしました。ここに深謝いたします。

モンゴル国の突厥墳墓から出土した絹織物類の調査

Textiles from the tombs of the Turkic Khaganate in Mongolia

○村上智見(日本学術振興会特別研究員 PD・帝塚山大学)・A.オチル(国際遊牧文化研究所)・B.ウルタナサン (カラコルム博物館)・D.ウランチメグ(ザナバザル名称美術館)・L.エルデネボルト(モンゴル科学技術大学)・T.バットボルト(モンゴル科学アカデミー考古学研究所)

1. はじめに

本研究では2013年からモンゴル国と共同で出土織物調査を行っている。モンゴル国内における 7 世紀織物の出土例はあまり知られていないが、複数の遺跡から出土した様々な種類の絹織物類を調査することができた。本稿ではその中の経錦について報告する。

2. 遺跡の概要と資料について

経錦が出土したのは、2009年に A.オチルと L.エルデネボルト、T. バットボルトらが調査したザーマル僕固乙突墓と、2011年に同じく A.オチルと L.エルデネボルトらがカザフ国立ユーラシア大学と共同で調査したオラーン・ヘレム墳墓である(前者はザナバザル名称美術館、後者はカラコルム博物館所蔵)。オラーン・ヘレム墳墓は首都ウランバートルの西約170km、ザーマル僕固乙突墓はトーラ川を挟んでオラーン・ヘレム墳墓の北約 30km に位置している。ザーマル僕固乙突墓の年代は出土した墓誌により 678 年と考えられ、オラーン・ヘレム墳墓はそれにやや先行して築造されたと推測されている(東潮 2013)。

織物の大半は墓室内から発見された。オラーン・ヘレム墳墓では棺の下敷きや貨幣を入れた袋などが出土しており、ザーマル僕固乙突墓では墓室からの出土の他に耳室からも木俑の衣服や旗などが出土した。当該資料の経錦は、ザーマル僕固乙突墓では木俑の衣服の一部として、オラーン・ヘレム墳墓では用途不明品として出土した。

3. 文様と技法

当該資料は経糸で文様を織り出した経錦であり、文様は小連珠団花文と呼ばれる花文様である。主文は小連珠環の中に八弁花文が填められ、小連珠円の間には副文として四葉花文が填められている。ザーマル僕固乙突墓出土錦の一断片の詳細は次の通りである。文様の直径は主文 3.0~3.6cm、副文 2.7~3.0cm、経糸は白・紺・薄緑・薄褐の 4 色が使用されており、緯糸は薄褐色である。見た目の織密度(/cm)は経糸 50～54 本(×4)、緯糸は主緯 14~16 本・陰緯 14~16 本であった。糸径は経糸 0.15～0.25cm、緯糸が主緯 0.12cm・陰緯 0.1~0.14cm であった。

当該資料と同一の文様を持つ経錦は、タジキスタンのムグ山城遺跡、新疆ウイグル自治区トルファンのアスターナ、我が国の正倉院などに伝わっており、比較的広範囲に流通した織物といえる。いずれも中国製と見られる。当該資料の経錦はすべて同一の文様である

が、断片によってわずかに文様の明瞭さが異なることから、同一裂を裁断したのではなく別裂の可能性もある。アスターナ出土経錦や正倉院伝世経錦も同様にわずかな違いが見られることから、製作場所や年代の違いを示す可能性がないか、今後同様の錦を収集し詳細に観察していく必要がある。

4. おわりに

当該資料は墓誌が供伴していることから、同一錦の製作年代を考える上で一つの指標となるだろう。トルファンや正倉院伝世品と同種の経錦がモンゴルから出土したことは、染織研究のみならず東西交流史を復元する上で重要である。今後もモンゴル出土の多様な絹織物類を調査することで、シルクロード交流の実態に迫りたい。

【参考引用文献】

○東潮「モンゴル草原の突厥オラーン・ヘレム壁画墓」『徳島大学総合学部 人間社会文化研究 第21巻』徳島大学、2013年

○坂本和子「トルファン出土染織資料について―錦の特徴にみる東西交流―」『シルクロード学研究 Vol.8 トルファン地域と出土絹織物』シルクロード学研究センター、2000年

○A.Очир, С.В.Данилов, Л.Эрденэболд, Ц.Цэрндорж 'Эртнтй Нуудэлчдийн Бунхант Булшны Малтлага, судалгаа(Төв Аймгйи Заамар Сумын Шороон Бумбагарын Малтлагын Тайлан)' 2013

○А.Очир, Л.Эрденэболд, С Харжаубай, Х.жантегин 'Эртний Нуудэлчдийн Бунхант Булшны Малтлага судалгаа(Булган Аймгйи Баяннуур Сумын Улаан Хэрмийн Шороон Бумбагарын Тайлан)' 2013

謝辞

ザナバザル名称美術館とカラコルム博物館の皆様、A.オチル先生、L.エルデネボルト先生、T.バットボルト先生、坂本和子先生、千田嘉博先生、O.メンドバザル氏に心より感謝申し上げます。本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費助成による研究成果の一部です。

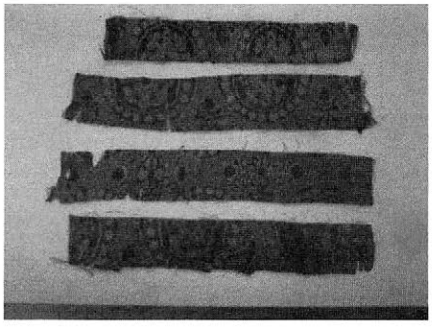


図1 ザーマル僕固乙突墓出土錦

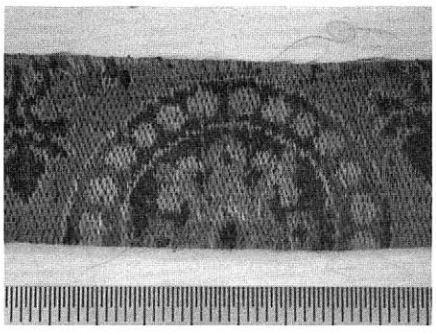
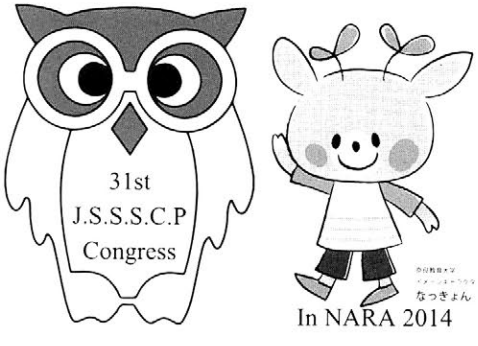


図2 ザーマル僕固乙突墓出土錦拡大

図3 ザーマル僕固乙突墓出土木庸


31st
J.S.S.S.C.P
Congress
なっきょん
In NARA 2014

NIRを用いた歴史的古材由来ニヨウマツ類の識別

Application of NIR spectroscopy to identify diploxylons used for historical buildings

田鶴(水野)寿弥子(京大生存研), 堀川祥生(京大生存研), 杉山淳司(京大生存研)

1, 緒言

複維管束亜属(ニヨウマツ類)に分類できるアカマツとクロマツは日本各地で見ることができ、古くより様々な木製品や木造建築に利用されてきた。両者は木材解剖学特徴の一つである放射仮道管内壁の鋸歯状突起の鋭さの度合いで分けられることが示唆されている。しかしながら、歴史的建造物由来古材の樹種調査においては、劣化などにより上記の鋸歯状突起の観察が困難である場合が多く、このことがニヨウマツ類の分類における障壁となってきた。そこで解剖学的特徴観察に代わる近赤外分光法を用いた樹種識別を試みたので報告する。

2, 試料と方法

検量モデルを作成するための試料として京都大学生存圏研究所材鑑調査室所蔵の現生のアカマツ・クロマツ計16個体を用いた。それぞれのブロックから粉体試料を調製後、ハンドプレス機を用いてペレットを作成した。これらを近赤外分光分析装置(PerkinElmer 社製 Spectrum 100N)と近赤外反射測定用アクセサリーにより分解能 16cm^{-1}、積算数 32 回で測定した。得られたNIR(Near InfraRed)データから多変量解析ソフト アンスクランブラー(CAMO 社製)を用いてPLS-DA(Partial Least Squares-Discriminant Analysis)を行い、検量モデルを構築した。同様に京都市知恩院集会堂の古材のうちニヨウマツ類と識別できたもの計12個体を試料とし、上記の検量モデルを用いて古材の判別分析を試みた。

3, 結果と考察

PLS－DAを併用することで、現生のアカマツとクロマツについては、NIRで分類できることが判明した[1)]。一方、歴史的古材のアカマツとクロマツでは、経年に伴う木材成分の変化によって判別確度が低下した。NIRスペクトルからは、古材中の個別成分や吸着水に由来するバンドが変化することが明らかになったので、現在、これらの情報も加味しながら、複数の歴史的建造物のニヨウマツ類についてデータの蓄積と分析を進めている。

4, 文献

[1)]Near-infrared spectroscopy as a potential method for identification of anatomically similar Japanese deploxylons, Yoshiki Horikawa, Suyako (Mizuno) Tazuru, Junji Sugiyama 投稿準備中

5, 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25252033、22300309、24780169 の助成を受けたものです。

日光東照宮唐門および透塀における旧塗装彩色材料に関する調査

Study on Historic Coating and Coloring Materials Used on Karamon Gate and Sukibei Fence of Nikko Toshogu Shrine

○ 北野信彦（東京文化財研究所）
本多貴之（明治大学）
浅尾和年・佐藤則武（日光社寺文化財保存会）
○ Nobuhiko Kitano(National Research Institute for Cultural Properties ,Tokyo)
Takayuki Honda (Meiji University),Asao kazutoshi・Sato Noritake(Nikko Cultural Assents Association for the Preservation of Shrines and Temples)

1、目的

日光東照宮では平成期の塗装彩色修理が継続的に進められているが、唐門および透塀の修理は一昨年度で完了した。この塗装彩色修理では旧塗装を掻き落として一旦部材を素木の状態に戻し、その上に新規塗装を実施する施工方法が基本的には行われたが、その際、寛永造替当初と推定される塗装彩色痕跡や、それ以降の幾つかの時期の塗装彩色痕跡が検出された。本報告ではこれら旧塗装彩色の塗装状況の目視観察と各種分析調査、これと並行して日光社寺文化財建造物の修理来歴に関する文献史料の調査を実施した。その結果、各年代における日光東照宮建造物の塗装彩色の変遷が確認されたので結果を報告する。

2、調査対象資料

本調査では、日光社寺文化財保存会が唐門および透塀の塗装彩色修理時に採取した旧塗装彩色材料のうち①唐門部材の金具下において観察される創建当初と想定される旧塗装材料 5 試料、②透塀腰長押などの部材塗装において観察される旧塗装彩色材料22試料について幾つかの項目に分けた観察および分析調査を実施した。また関連する文献史料として、寛永 13 年(1636)『日光山東照宮造営帳』、寛政 8 年(1796)『(日光方諸方本途』、寛政 9 年(1797)『寛政 9 年正月改御宮御霊屋塗師方本途直段』、文化年間の『社堂本途書下巻』、大正 7 年『建築物其他装飾品彩色仕様』を調査した。

3、調査結果

①唐門部材である大瓶束もしくは破風板に装着された金具を取り外した際に観察された旧塗装材料の痕跡は、部材表面が長年の経年劣化もしくは汚れにより黒褐色に変色しているのではなく、何らかの塗料が意識的に塗装されたようにみられる。これらの塗膜構造を断面観察した結果、いずれも木部表面に塗装された明確な塗膜層は認められず、部材内に何らかの塗料が浸透した状況で観察された。この塗料を PY-GC/MS 分析した結果、いずれの試料からも漆塗料に由来するウルシオール成分は検出されず、乾性油が熱分解された際に生成するパルミチン酸やステアリン酸などが検出された。この結果から唐門部材金具下旧塗装材料は、漆塗装ではなく乾性油塗料の使用が想定された(図 1～3)。

② 日光東照宮では、寛永 13 年(1636)の寛永期造替以降、今日に至るまで少なくとも 17 回(①寛永期

→②承応期→③寛文期→④延宝期→⑤元禄期→⑥正徳期→⑦享保期→⑧延享期→⑨宝暦期⑩明和期→⑪寛政期→⑫文化期→⑬嘉永期→⑭文久期→⑮明治期→⑯昭和期→⑰平成期)の塗装工事が行われたことが文献記録から知られる。今回の平成期の透塀腰長押及び内法長押の塗装修理では、旧塗装の掻き落とし作業に伴い過去の旧塗装彩色痕跡が数多く確認された。これらを調査した結果、透塀の旧塗装彩色材料は、寛永期の造替造営時には黒漆に金箔貼(第Ⅰ期:図 4～6)、承応期～延宝期修理時にはベンガラ漆に金箔貼と膠材料を用いた膠彩色(第Ⅱ期:図 7～9)、正徳期以降今日に至るまでの塗装彩色修理ではベンガラ漆に金箔貼と乾性油系塗料を用いた桐油(唐油)彩色(第Ⅲ期:(図 10～12)と、それぞれ異なる材料技法が採用されたものと理解した。

(図版一覧)

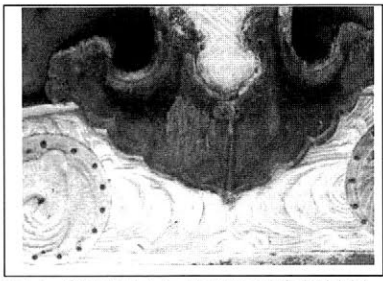


図 1:唐門部材金具下の旧塗装材料

図 2:同　断面観察

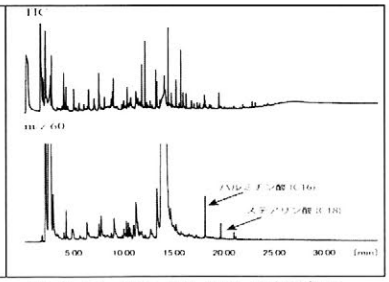


図 3:同 PY-GC/MS 分析結果

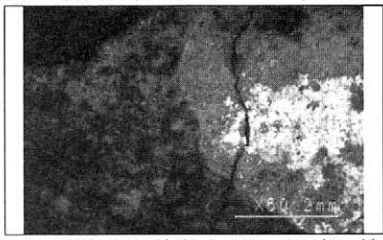


図 4:寛永期旧塗装(下地→黒漆→鉛泥→金箔)

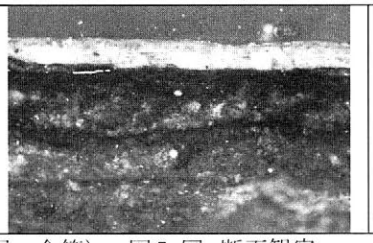


図 5:同 断面観察

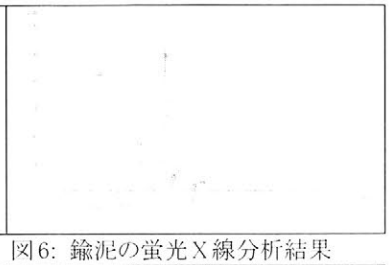


図 6: 鉛泥の蛍光 X 線分析結果

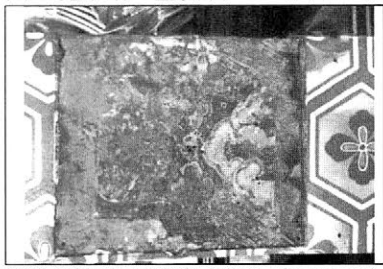


図 7:透塀の旧彩色(承応・寛文期?)

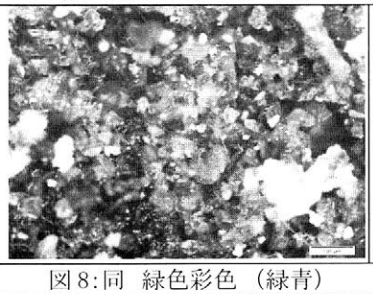


図 8:同 緑色彩色 (緑青)

図 9:緑青・胡粉彩色断面観察

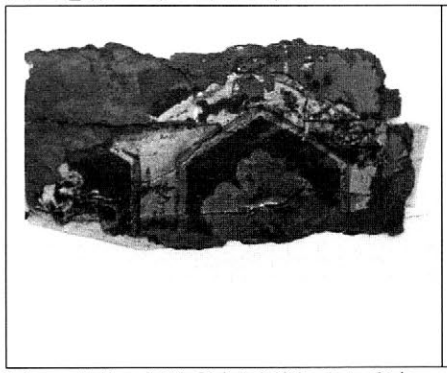


図 10:現状の桐油彩色と類似した旧彩色

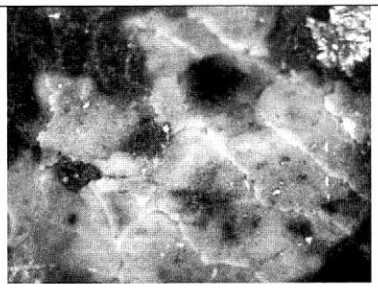


図 11:緑色と白色彩色の拡大

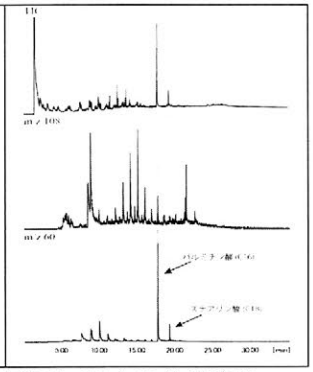


図 12:同 PY-GC/MS 分析結果

大分県宇佐神宮が所蔵する能面の彩色材料について

Pigment Used for Noh Masks in the Possession of Usa Shrine in Oita Prefecture

○石川 優生（大分県立歴史博物館）、平尾 良光（別府大学文学部）、元永 裕喜（宇佐神宮）
○Yuki ISHIKAWA(Oita Prefectural Museum of History), Yoshimitsu HIRAO(Beppu University), Yasuyoshi MOTONAGA(Usa Shrine)

1　はじめに

大分県北部に位置する宇佐神宮には、戦国時代から江戸時代に活躍した細川忠興の寄進と伝えられる72面の能面が所蔵されている。細川忠興は慶長５年（1600）に豊前国の中津城に入る以前、丹後国の領主として丹後国に居住し、中津城に入って以後、領国内の宇佐神宮に大きな援助を行っている。

細川忠興が寄進した能面は室町時代から江戸時代初期に制作されている[1)]。この能面は当時の芸能や工芸に関係する資料として歴史的な価値が高い。宇佐神宮が所蔵する能面のうち17面に関して、蛍光Ｘ線分析法を用いて彩色材料を調査した。本調査ではこの時期に制作された能面の彩色材料がどのような材料なのか明らかにしようとした。

2　調査対象

調査した能面は大癋見（おおべしみ）、中将（ちゅうじょう）、大飛出（おおとびで）、弱法師（よろぼし）、橋姫（はしひめ）、老女（ろうじょ）、孫次郎（まごじろう）、頻卑（しかみ）、石王尉（いしおうじょう）、増女（ぞうおんな）、般若（はんにゃ）、童子（どうじ）、黒髭（くろひげ）、喝食（かっしき）、小面（こおもて）３面である。これら17面の能面には主に白色系統、赤色系統、金色系統、茶色系統が彩色されている。大癋見、大飛出、橋姫、般若の目部分には金具が用いられており、金具も調査対象とした。

宇佐神宮が所蔵する72面には面裏に刻銘が確認されている。例えば大癋見の面裏には「丹後国／愛若大夫／廿三枚之内」と刻印されている。この愛若大夫は丹後国の出身で細川忠興お抱えの能楽師とされ、刻銘に愛若大夫と刻まれていることから、この能面が細川忠興による寄進であると推測される。このほか調査対象以外の能面の中に愛若大夫の作と考えられる能面が確認されている[1)]。

3　調査方法

ポータブル蛍光Ｘ線分析装置（SIIナノテクノロジー製SEA200）を使用し、測定時間：100秒、管電圧：50kV、管電流：200μA、Ｘ線照射面積：２mmφ、測定雰囲気：大気の条件で測定した。

4　調査結果

能面に使用されている主な彩色材料として、白色は胡粉（$CaCO_3$）、赤色は朱（HgS）、金色は金（Au）、茶色は鉄系顔料が推測される（表１）。能面の中には白色の色味の調整に黄土を用いている能面、赤色に朱と鉛系顔料を用いている能面が確認された。

目部分の金具について、大癋見、橋姫、般若は銅金属に鍍金した金具、大飛出は銅金属の金具を使用しているとわかった。

5　まとめ

調査した能面の彩色は室町時代から江戸時代にかけて、日本画で使用されている彩色材料と共通している。この時期に使用される顔料の中で、白色顔料は時代によって用いられる顔料が異なり、日本画では一般的に室町時代以前は鉛白、江戸時代以降は胡粉が使用されたとされている[2)]。本調査で鉛系顔料を使用した可能性のある能面が確認されたが、鉛系顔料が鉛白であるのかどうかによっては、白色顔料の時代的変遷に関係する。本調査で明らかになった彩色材料は、当時の能面のように工芸品に用いられる彩色材料の一端であり、能面を制作した面打師がどのように彩色材料を手に入れたのかなど、材料の視点から、能面がもつ歴史的価値を明らかにできると考えられる。

表１　宇佐神宮が所蔵する能面の彩色材料

能面	白色	赤色	金色	茶色
大癋見		朱		
小面	胡粉	朱		
小面	胡粉	朱、鉛系顔料		
中将		朱		
大飛出		朱	黄土、金	
弱法師	胡粉	朱		
橋姫		朱		
老女	胡粉、黄土	朱		
孫次郎	胡粉	朱		
頻卑		面全体：朱、鉛系顔料？ 唇　：朱	金	
石王尉	胡粉、黄土	朱		
増女	胡粉	朱		
小面	胡粉、黄土	朱、鉛系顔料		
般若	胡粉	朱	金	
童士	胡粉、鉛白？	朱、鉛系顔料		
黒髭		朱		鉄系顔料
喝食	胡粉、黄土	朱		

参考文献　1）　中村保雄：宇佐八幡宮の能面―愛若大夫をめぐって―，『芸能史研究』，27，1969，p39-46

2）　早川泰弘：近世日本絵画における鉛白と胡粉の使用例について，「平尾良光先生古稀記念論集　文化財学へのいざない」，2013，p152-157

秋田県南秋田郡五城目町中山遺跡出土漆器類の材質・技法研究

Elucidation of the Technology and Materials used in Lacquerware Excavated from the Ruins of NAKAYAMA in AKITA Prefecture

○片岡太郎（弘前大学）、上條信彦（同左）

○Taro KATAOKA and Nobuhiko KAMIJO（Hirosaki University）

1. はじめに

中山遺跡は、秋田県南秋田郡五城目町に所在する縄文時代後期・晩期の遺跡で、八郎潟の東に有り、馬場目川左岸の独立丘陵状の大地と隣接する谷底の低湿地に立地する。中山遺跡は、古くは明治 20 年の東京人類学会報告「鏃石産地一覧」の記載に始まり、これまで、明治 33 年の佐藤初太郎による調査（佐藤初太郎 1900）、昭和 57 年・昭和 58 年・平成 2 年の五城目町教育委員会による調査（秋田県五城目町教育委員会 1983・1984・1991）が行われた。その結果、遺構は、台地上に縄文時代晩期の土坑墓と竪穴住居が検出された。遺物は、土器や石器の他、低湿地に漆塗弓や竪櫛、漆濾布等の漆器類が検出された。

弘前大学人文学部北日本考古学研究センター（旧称 亀ヶ岡文化研究センター）では、平成 23 年から文部科学省特別研究「冷温帯地域の遺跡資源の保存活用促進プロジェクト」を開始し、縄文時代晩期のいわゆる亀ヶ岡文化から弥生時代への資源利用の変化の解明を目指している。その一環として、平成 24 年・平成 25 年に中山遺跡の低湿地部の発掘調査を行った結果、縄文時代後期後葉から晩期前葉の資料が多く検出された。

本研究では、平成 24 年・平成 25 年に中山遺跡から検出された資料のうち、漆器類の塗膜重ね塗り構造に着目し、その材質と製作技法に関する研究を行った結果を報告する。

2. 分析資料

分析資料は、縄文時代後期後葉の木胎漆器・竪櫛・弓のそれぞれ 1 点、晩期前葉の赤彩土器 4 点、竪櫛 1 点、籃胎漆器 1 点である。

3. 分析方法

資料から遊離した極小片を採取し、エポキシ樹脂（BUEHLER EpoxiCure）で包埋して、精密切断機（BUEHLER IsoMet）を使って切断した。その後、塗膜層が透過するまで研磨して薄片プレパラートを作成した。可視光による観察は、生物顕微鏡（オリンパス BX51）によって透過および反射像の観察を行った。また、透過像の写真撮影は、デジタルマイクロスコープ（キーエンス VHX-2000）によって行った。次に、電子顕微鏡（日本電子 JCM-6000）を使って反射電子像の観察を行い、電子顕微鏡据え付けのエネルギー分散型蛍光X線検出装置（日本電子 JED-2000）を使って元素マッピングを行った。観察・元素マッピング条件は、低真空モード、加速電圧 15kV、スイープ回数 20 回である。

4. 結果と考察

一例として、縄文時代晩期前葉に属す籃胎漆器の塗膜の層構成を示す（図 1）。胎部の上に黒色の粒子、おそらく炭漆を塗り、次いでその上層に漆のみを塗り、最表面にベンガラ漆を重ね塗りしていることがわかった。同様の構成は、縄文時代後期後葉に属す木胎漆器にも認められた。他は、器種の違いに係わらず、胎部に漆を塗り、次いでベンガラ漆を重ね塗りしていた（表 1）。また、赤色顔料については、器種や時代の違いに係わらず、全てベンガラ（非パイプ状）であった。なお、中山遺跡は過去に 3 回調査が行われているが、過去調査において発見された漆器類においても、使用された顔料は、ベンガラの使用（21 点）が優勢であり、辰砂の使用は 3 点の土器だけである。今後、さらに同時代・同地域の漆器類についてデータの集積を行い、北東北における亀ヶ岡文化圏の漆文化の発展と継承について追っていく。

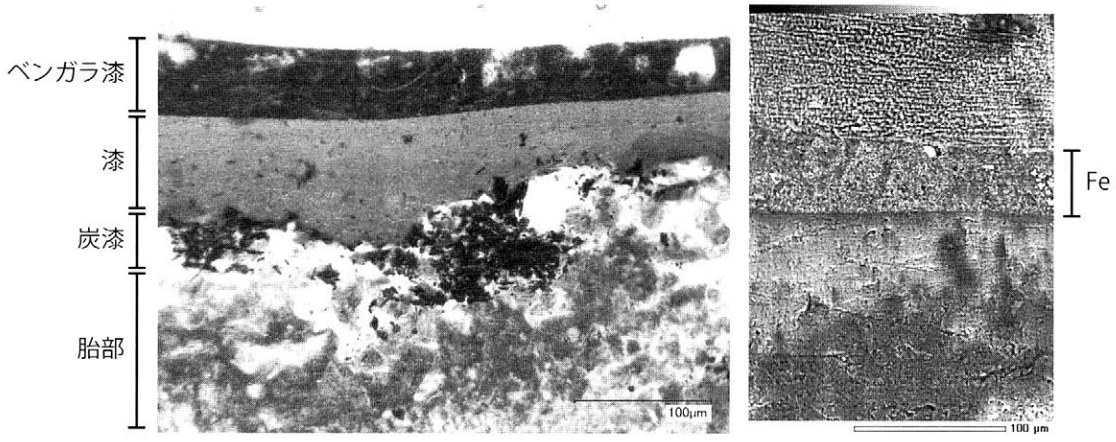


図 1　中山遺跡出土籃胎漆器（縄文時代晩期前葉）の塗膜層構成
左：可視光による顕微鏡像、右：反射電子像

表 1　中山遺跡（平成 23・24 年発掘調査）出土漆器類の漆塗膜重ね塗り技法一覧

時代	器種名	使用顔料	層構成所見（→ 表面）
縄文時代後期後葉	木胎漆器	ベンガラ（非パイプ状）	炭漆 → 漆 → ベンガラ漆
	竪櫛	ベンガラ（非パイプ状）	漆 → ベンガラ漆
	弓	ベンガラ（非パイプ状）	漆 → ベンガラ漆
縄文時代晩期前葉	籃胎漆器	ベンガラ（非パイプ状）	炭漆 → 漆 → ベンガラ漆
	竪櫛	ベンガラ（非パイプ状）	漆 → ベンガラ漆
	赤彩土器 4 点	ベンガラ（非パイプ状）	漆 → ベンガラ漆

引用文献

佐藤初太郎「石器 中山」1900
「中山遺跡発掘調査報告」秋田県五城目町教育委員会 1983
「中山遺跡発掘調査報告」秋田県五城目町教育委員会 1984
「中山遺跡発掘調査報告」秋田県五城目町教育委員会 1991

高松塚古墳壁画の赤色・黄色色料に関する調査

Investigation for the red and yellow color materials used in mural paintings of the Takamatsuzuka tumulus

○降幡順子[(1)]、早川泰弘[(2)]、赤田昌倫[(1)]、吉田直人[(2)]、辻本与志一[(1)]、朽津信明[(2)]、早川典子[(2)]、脇谷草一郎[(1)]、田村朋美[(1)]、高妻洋成[(1)]、岡田健[(2)]、宇田川滋正[(3)]、建石徹[(3)]

(1)奈良文化財研究所、(2) 東京文化財研究所、(3) 文化庁

1. はじめに

高松塚古墳壁画の劣化原因調査の一環として、平成20年度より壁画表面の主要元素の分布について、携帯型蛍光X線分析装置を用いた調査を実施し、また平成24年度からは壁画に使用されている色料について、修理や保存に有益となる情報を得ることを目的として、可視分光分析による材料調査を継続的におこなっている。今回は、これらの取り組みと西壁女子群像の赤色上衣・黄色上衣についての可視分光分析および蛍光X線分析結果について報告する。

2. 分析方法

これまでにおこなわれた高松塚古墳壁画西壁女子群像の色料に関する蛍光X線分析では、赤色上衣・黄色上衣からは、カルシウム、鉄、鉛以外の元素は顕著に検出されず、鉄と鉛検出量に関しても余白部との差異が小さいことが報告されている[1)]。壁画表面からは泥土などの影響による鉄が全面から検出され、さらに図像周辺からは鉛も検出されるため、鉛系顔料についても蛍光X線分析のみでは顔料に関する情報が得られなかった。そこで、同一の分析箇所に関して蛍光X線分析と可視分光分析を実施し、その結果を余白部分と比較することで、色料の同定をおこなうことを試みた。

蛍光X線分析は、携帯型蛍光X線分析装置NITON XL3t-500を使用し、測定条件は管電圧40kV、電流Auto(約10μA)、測定範囲は約10mmφ（試料間距離7mm）である。可視分光分析は、日本分光製の携帯型分光光度計MV-2020を使用し、照射径は約1mmφ、測定波長域は400-968nm、露光時間500msec、120回積算した。分析に際しては漆喰が比較的平滑な部分を選定し、分析箇所はCCDカメラにより画像を記録した。

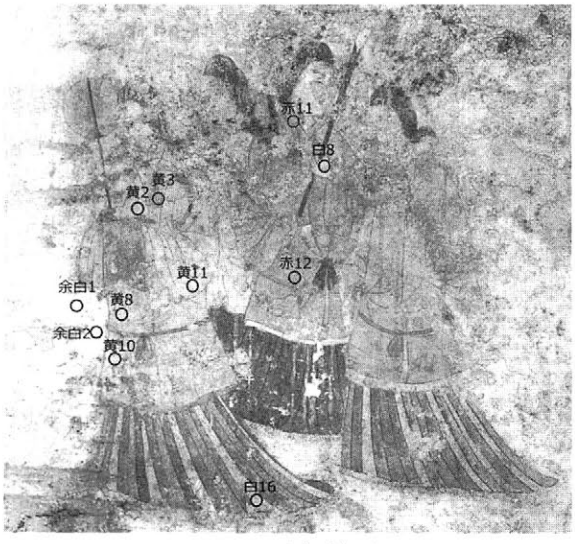


図 1　分析箇所

3. 分析結果

分析箇所を図1に、蛍光X線分析結果を表1、反射分光スペクトルを図2に示す。

表1から、各分析箇所のFe／Ca値を比較すると、余白部が0.02～0.03であるのに対し、赤色上衣・黄色上衣は0.09～0.21と高い値を示すことがわかった。

可視分光分析では、事前に対照試料として現代の赤色顔料6点、赤色染料5点、黄色顔料2点、黄色染料9点の反射分光スペクトルを測定した。また、鉄系顔料については色の濃淡によるスペクトルシフトも事前に確認した。図2（左）には赤色上衣と対照試料としたベンガラと赤土の反射分光スペクトルを、図2（右）には黄色上衣と対照試料とした黄土の反射スペクトルを示している。赤色上衣からは鉄系赤色顔料に近似した反射分光スペクトルが得られ、また黄色上衣では黄土と近似したスペクトルが得られた。赤色上衣・黄色上衣ともに、対照試料の染料のスペクトルと一致するものはみられなかった。

今回の調査により、これまで色料が不明であった高松塚古墳壁画の西壁女子群像の赤色上衣・黄色上衣について、鉄系顔料が用いられている可能性が高いことを示すことができた。今後は西壁以外の壁面に使われている色料についても検討をおこなう予定である。

表 1　蛍光X線分析結果　(cps)

No	分析箇所	Ca	Fe	Cu	Hg	Pb	Fe/Ca
黄2	黄色上衣	49.4	5.0	0.87	0.46	53.1	0.10
黄3	黄色上衣	39.8	4.6	0.71	0.68	84.2	0.12
黄8	黄色上衣	32.4	6.8	2.4	0.63	82.5	0.21
黄10	黄色上衣	40.5	3.5	2.1	0.56	50.1	0.09
黄11	黄色上衣の袂	35.9	5.2	0.93	0.75	126.8	0.15
赤11	赤色上衣の襟	44.7	4.8	0.80	1.1	61.7	0.11
赤12	赤色上衣	40.0	4.3	2.1	1.0	63.2	0.11
白8	赤色上衣の手	54.8	2.3	1.1	2.3	88.6	0.04
白16	黄色上衣の裳	42.6	1.9	5.7	0.78	51.2	0.04
余白1	余白漆喰	45.8	1.1	0.60	0.34	14.9	0.02
余白2	余白漆喰	42.5	1.1	0.98	0.42	31.4	0.03

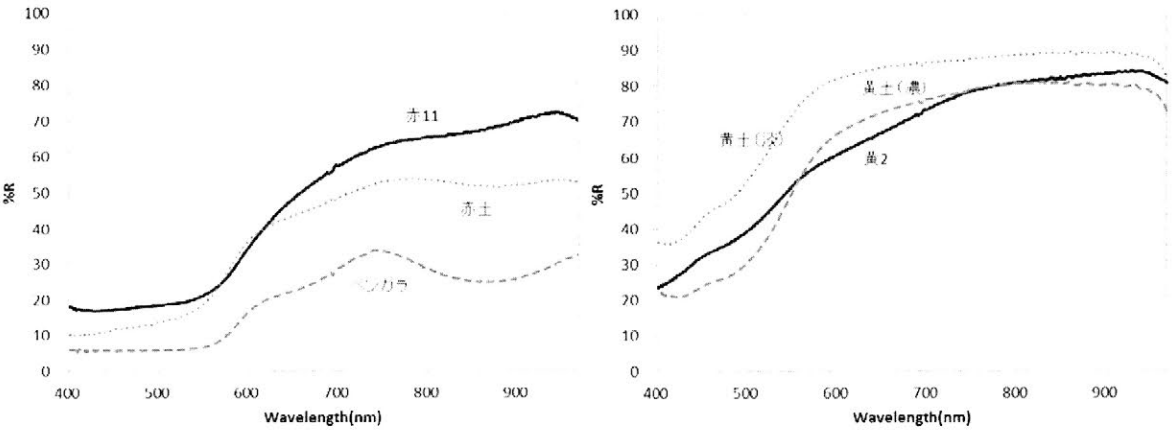


図 2　反射分光スペクトルの一例　(左；赤色上衣、右；黄色上衣)

1) 早川泰弘・佐野千絵・三浦定俊「ハンディ蛍光X線分析装置による高松塚古墳壁画の顔料調査」『保存科学』43、2004

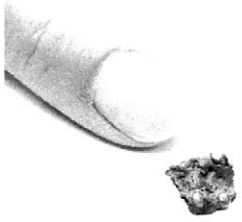
富山県小竹貝塚から出土した「鯛の歯を象嵌した漆製品片」

A piece of lacquered object inlaied with sea bream's tooth excavated from Odake Shellmound, Toyama Prefecture

○山崎健（奈良文化財研究所）・丸山真史（京都市埋蔵文化財研究所）・菊地大樹（京都大学人文科学研究所）・田村朋美（奈良文化財研究所）・赤田昌倫（九州国立博物館）・星野安治（奈良文化財研究所）・大河内隆之（奈良文化財研究所）・鈴木三男（東北大学植物園）・小林和貴（東北大学植物園）

1．資料の概要と分析方法

小竹貝塚の貝層土壌を水洗選別して回収した資料から、小さな漆製品の破片が見つかった。帰属時期は縄文時代前期後葉（福浦下層～蜆ヶ森Ⅰ式期）である。残存する漆製品は台形状を呈し、長軸10.1mm、短軸9.6mmであった。漆器全体の形状は不明であるが、台形の底辺にあたる短軸側で赤色塗膜が屈曲しており、細長い形状であった可能性がある。



漆製品の分析にあたっては、①胎（素地）や象嵌された歯の観察や同定、②漆製品の内部構造を把握するためのX線透過撮影やX線CT撮影、③塗装工程や材料を検討するための光学顕微鏡による観察、④塗装色料などの構成元素を明らかにするための蛍光X線分析、④膠着剤（展色材）の成分を検討するための赤外分光分析を実施して、総合的に漆製品の素材や製作技術を考察した。「胎（素地）の同定」を鈴木三男と小林和貴、「象嵌された歯の同定」を山崎健・丸山真史・菊地大樹、「光学顕微鏡による観察と赤外分光分析」を赤田昌倫、「X線透過撮影による内部構造調査と蛍光X線分析」を田村朋美、X線CT撮影による内部構造調査を大河内隆之・星野安治が担当し、山崎が総合考察をおこなった。紙幅の都合により、各分析結果の詳細は省略せざるを得ないため、山崎ほか（2014）を参照していただきたい。

2．漆製品の素材や製作技術

漆製品の胎（素地）はタケ亜科（竹笹類）の茎部にあたる稈を縦に割り裂いたものであった。漆製品の断面を実態顕微鏡で見ると胎と赤色塗膜の間に黒色物質が層状に形成されていることが確認でき、塗膜断面を薄片にして生物顕微鏡で観察したところ1um以下の黒色粒子が含まれていることが明らかとなった。ここから、下地には炭あるいはその他の黒色の粒子状物質を混ぜ込んだと考えられる。膠着剤（展色剤）には、赤外分光分析から漆を使用した可能性が指摘できる。赤色色料については、蛍光X線分析で鉄が非常に強く検出され、赤外分光分析から赤鉄鉱であることが明らかとなった。塗膜の断面観察によって、1um前後の円形や針状の赤色粒子が見られることから、赤鉄鉱の粒子を主要な成分とするパイプ状酸化鉄系赤色顔料（パイプ状ベンガラ）と考えられた。X線CT撮影によって、漆部分は少なくとも3層あることが確認できた。漆製品に象嵌された歯は、タイ科魚類の臼歯や犬歯と同定した。蛍光X線分析からもリンやカルシウムが強く検出され、歯の無機質成分の主体となるリン酸カルシウム（ハイドロキシアパタイト）に由来するものと考えられる。

この漆製品の材料や製作技術を復原すると、以下のようになる。タケ亜科の稈を胎として、下地には炭化物あるいは黒色鉱物を混和する。ベンガラを用いた赤色漆を少なくとも3層は塗り重ね、タイ科魚類の歯を象嵌した。すべての臼歯を球面が上部となるように配置し、その上から赤色漆をさらに塗っており、犬歯は外表面にほとんど露出していなかった。残存した漆製品は約1cm角という小さなものであったが、犬歯1点と臼歯6点が埋め込まれていた。赤色塗膜が屈曲する短軸側（台形底辺）の端に臼歯が集中することから、両端に臼歯を並べていた可能性がある。

3．籃胎漆器の可能性

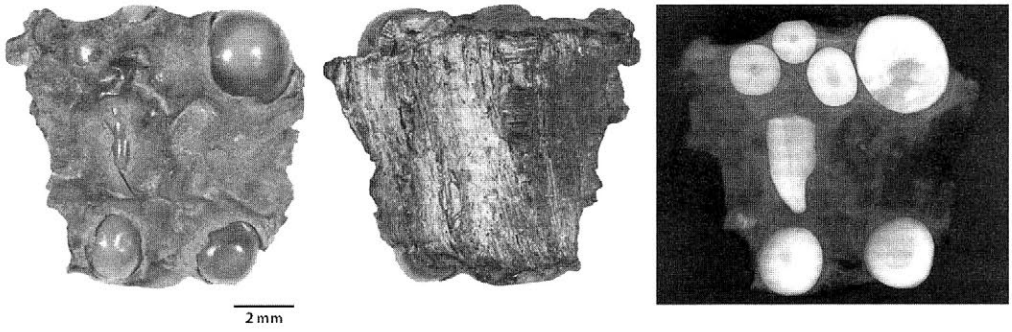
これまで籃胎漆器は縄文時代後晩期を中心に出土しており、その技術は後期以降に出現した可能性が高いと考えられている。本資料が籃胎漆器の破片であれば、籃胎漆器の出現は縄文時代前期後葉にまでさかのぼることになる。ただし、本資料は胎が剥離しており、編み組まれた痕跡が確認できないため、編んだ籠のような容器の一部であったのかは不明である。本発表では「竹笹類の稈を縦に割り裂いたものに、漆を塗り重ねて鯛の歯を象嵌した製品」が縄文時代前期後葉に存在していたという事実報告に留めておきたい。

4．関連する漆器の事例

本資料と関連する事例として、福井県鳥浜貝塚から出土した赤色漆塗りの結歯式竪櫛（縄文時代前期後半：北白川下層Ⅱb～c式並行期）が注目される。櫛歯と櫛歯の間に4個の円形の窪みが残されていることから、象嵌装飾であったと判断された。象嵌物自体は残存していなかったが、残された痕跡から、直径4㎜程度で、平らな底部でドーム状に立ち上がる中空の形状をもつ象嵌物であったことが推定されている（四柳2009）。鳥浜貝塚の出土資料から推定される象嵌物の形態的特徴は、本報告資料で見られたタイ科魚類の臼歯の形態的特徴と一致するものである。本資料は、同時代の鳥浜貝塚出土資料の理解にも貢献できる資料である。

5．まとめ

水洗選別で見つかった小さな漆製品の破片は、縄文時代前期後葉において竹笹類の稈に漆を塗り重ねたものに鯛の歯を象嵌したことを示す貴重な資料であった。これまで象嵌技術の存在は認められていたが、漆器に象嵌物自体が残存することはほとんどなかった。これは遺跡の保存条件が影響したものと考えられる。低湿地遺跡のように植物質資料が残りやすい保存環境であったとしても、必ずしも動物質資料に適した保存環境とは限らない。小竹貝塚は、沖積低地に貝層が形成された湿地性貝塚であり、通常の遺跡では残りにくい植物遺体と動物遺体がともに良好な状態で残存する保存環境であった。本資料は、小竹貝塚の良好な保存環境を示す資料ともいえる。



外面　　内面　　X線透過画像（外面から）

参考文献

山崎 健・丸山真史・菊地大樹・田村朋美・赤田昌倫・星野安治・大河内隆之・鈴木三男・小林和貴（2014）「鯛の歯を象嵌した漆製品」『富山県文化振興財団埋蔵文化財発掘調査報告第60集　小竹貝塚発掘調査報告（第2分冊）』, pp. 279-292

四柳嘉章（2009）「鳥浜貝塚出土の縄文前期漆塗り製品の科学分析」『館報（平成20年度）』福井県立若狭歴史民俗資料館

宮城県追戸横穴墓出土の斑点紋トンボ玉の自然科学的研究
Scientific investigation of a mosaic glass bead from Oido Yokoana Tomb in Miyagi

○田村朋美、星野安治（奈良文化財研究所）
○Tomomi TAMURA, Yasuharu HOSHINO　(Nara National Research Institute for Cultural Properties)

1．　はじめに

宮城県涌谷町に所在する追戸A－1号横穴墓から斑点紋のトンボ玉が出土している。紺色透明の母体に白色不透明の斑点紋が施されており（図1）、斑点紋は不完全な形態のものを含め48個を数える。斑点紋の内側は母体と同色の紺色である。本研究では、非破壊的手法により材質・構造調査を実施し、本資料の製作技法と化学組成の特徴を明らかにするとともに、生産地について検討した。

図1　追戸A－1号横穴墓出土斑点紋トンボ玉

2．　調査方法

構造調査として、実体顕微鏡観察ならびにマイクロフォーカスX線CT撮影（島津製作所製X線CT装置SMX-100CT-D）を実施した。化学組成の調査には、蛍光X線分析法（EDAX社製EAGLEⅢ）を適用した。励起用X線源はMo管球、管電圧は20 kV（20 keV以上のスペクトルを検出する場合には、50 kV）、管電流は100 μA、X線照射径は112 μm、計数時間は300 秒とし、真空中で測定した。測定結果は標準試料を用いて補正したFP法により規格化し、酸化物重量百分率で表した。また、ガラス中に含まれる結晶物質の同定にはX線回折分析（リガク社製SmartLab）を用いた。励起用対陰極は銅（Cu）、管電圧は40 kV、管電流は30 mAであった。

3．　結果と考察

顕微鏡観察の結果、母体の大部分は紺色透明であるが、一部に淡緑色透明部分があり、均一ではないことがわかった。また、斑点紋の白線部には白色不透明粒子が散在する。X線CT画像（図2）によると、斑点紋の白線部は母体や斑点紋内の紺色透明ガラス部分よりもX線の吸収が大きい。斑点紋は基本的に母体の表面にのみ施されている。斑点紋は、重層構造ではなく、白色と紺色の同心円のガラス棒を輪切りにしたものを貼り付けたと考えられる。斑点紋には白線部の太いもの（斑点紋（太））と細いもの（斑点紋（細））がある。前者には環の一部が欠損しているものが存在し、両者は製作技法が異なる可能性がある。また、斑点紋は一方の端面（上面）では孔に向かって細長く伸びるが、もう一方の端面（下面）では孔に切られるものの、斑点紋自体の変形は認められない。X線CT画像では、上端面部分は比較的深部まで斑点紋が入り込んでおり、孔内壁にも痕跡が認められる。全体に斑点紋を施した後に上端面側から下端面側に向かって芯棒を刺し込んで孔を作出した可能性が考えられる。

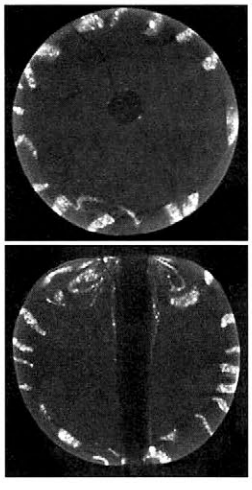


図2　X線CT画像

化学組成については、すべて分析箇所でAl_2O_3含有量の少ないソーダガラスであった。母体の紺色部分と斑点紋（太）内部がMgOとK_2Oの含有量がとも

に少ないナトロンガラスに相当するのに対し、斑点紋の白線部と母体の淡緑色部分はMgOとK_2Oの含有量が多い典型的な植物灰ガラスであった。さらに、斑点紋（細）の内部はその中間的な値を示した（図3）。このように、本資料は異なる種類のガラスを寄せ集めて作られていることが明らかになった。

着色技法については、紺色部分にはCoOが0.1%前後含まれていることから、コバルトイオンによる着色である。コバルトに付随する不純物と考えられるMnO、CuO、PbOは基礎ガラスの種類にかかわらず類似の値を示し、コバルト原料に明確な差異は認められなかった（図4）。

一方、白線部については、散在する白色粒子のX線回

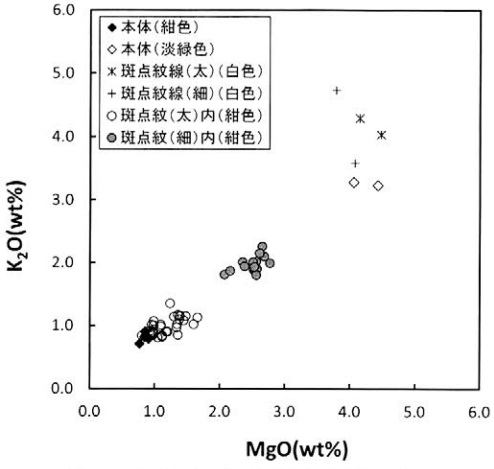


図3　各部分のMgO–K_2O含有量のプロット

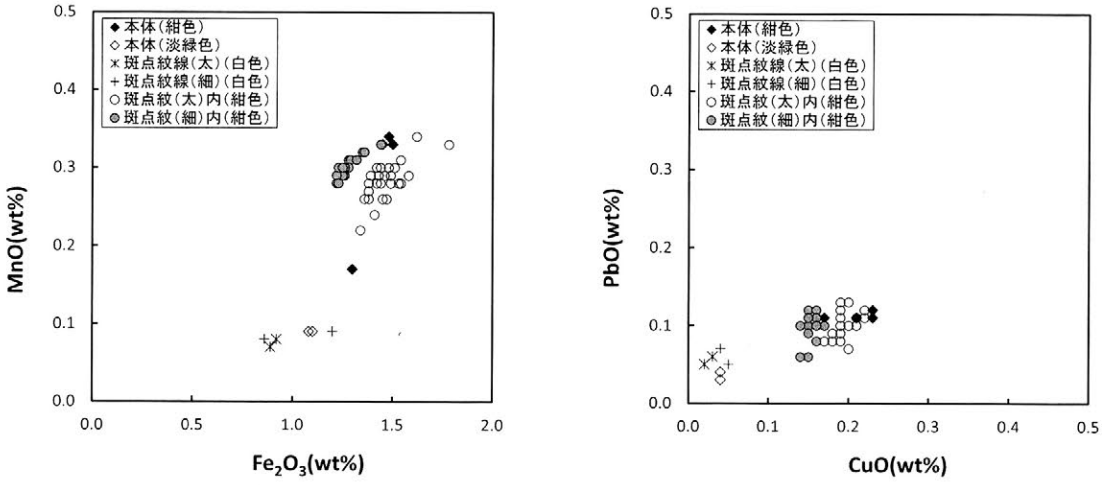


図4　各部分のFe_2O_3–MnO含有量（左）およびCuO–PbO含有量（右）のプロット

折分析を実施したところ、酸化錫（SnO_2）が検出された（図5）。酸化錫を添加することで白色不透明ガラスを作り出していると考えられる。

上記の結果から本資料の生産地について考察する。本資料は異なる種類のガラスを組み合わせて製作されており、生産地の推定が困難であるが、いずれもいわゆる「西のガラス」であることは重要である。近年、朝鮮半島の新羅地域で出土した本資料と類似の斑点紋のトンボ玉等について、製作技法やモチーフの類似性からインドネシアのジャワ島産である可能性が提起されている[1]。しかしながら、本資料に関しては、複数の種類のガラスが用いられているにもかかわらず、東南アジアで最も多く流通していたAl_2O_3含有量の多いソーダガラスが用いられていない。さらに、酸化錫による着色技法も地中海周辺や西アジアで生産されたガラスには一般的に知られているが、南～東南アジア産のガラスには適用されない。以上から、本資料がジャワ島産である可能性は低く、材質的特徴からは西方地域で作られた可能性が高い。

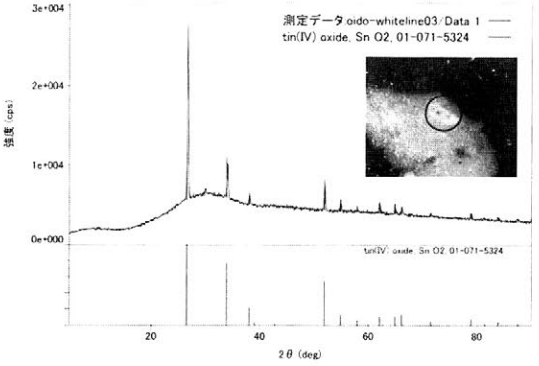


図5　白色粒子のX線回折スペクトル

1）Lnkton,J.W., Lee, I.S., Allen, J.D. 2003 Javanese (Jatim) beads in late 5th to early 6th century Korean (Silla) tombs *Annales du 16e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre.*

南漢山城女墻の塼の水吸収特性研究

Study on water absorption properties of bricks used in Namhansansung

○ 鄭光龍(韓国伝統文化学校保存科学研究所), 趙炳英(韓国建設生活環境試験研究院),
李王基(牧園大学校建築学科),金洋辰(渤海文化財研究院), 金範俊 ・朴敏銖・
李相沃(韓国伝統文化学校 保存科学研究所)

○ Chung Gwang Yong (Institute of Conservation Science , The National University of Cultural Heritage), Jo Byeong Yung (Korea Conformity Laboratories), Lee Wang Gi (Dept.of Architecture , Mokwon University), Kim Yang Jin(Balhae Institute of Cultural Properties), Kim Beom Jun·Park Min Soo·Lee Sang Ok (Institute of Conservation Science , The National University of Cultural Heritage)

1. 緒論

南漢山城は朝鮮の道成の南方を守っていた山城で築城技術と歴史的意味が高くて世界遺産として価値が大きい。特に南漢山城女墻に作用された主な築城材料である塼は韓国の建築材料の特性を持っているいい例である。しかし塼は冬に雪が多く降って気温が低い韓国の自然環境で凍結融解の被害で耐久性が低下される問題点がある。現在, 世界文化遺産登載の直前状況で南漢山城女墻の主材料である塼に対する分析と改善方案の対策を通じて世界文化遺産としての準備が必要である。なので本研究では南漢山城女墻に使われた塼の吸収特性を分析して復原及び保存に必要な資料を提供しようとする。

2. 実験計画及び方法

本研究に使用された塼の試料は表 1 のように南漢山城女墻の採取場所によって分類した後, 水吸収の特性を分析するため吸収率, 水吸収速度及び接触角を測定した。

表 1. 採取位置別の塼試料

番号	採取場所及び試料名	推定時代
1	北門-西門間の屋蓋石	時代不詳(1970 年代以前)
2	北門 -西門間	時代不詳 (1970 年代以前)
3	西門の虹蜺	時代不詳 (1970 年代以前)
4	西門-南門間	時代不詳 (1970 年代以前)
5	北門 -東門間の底部分	時代不詳 (1970 年代以前)
6	東將臺基	1980 年代
7	南門甕城	1980 年代
8	北門 -東門間の蔚山製瓦工匠	1980 年代
9	長慶寺の高麗瓦	1980 年代

3. 実験結果及び分析

3.1. 吸収率

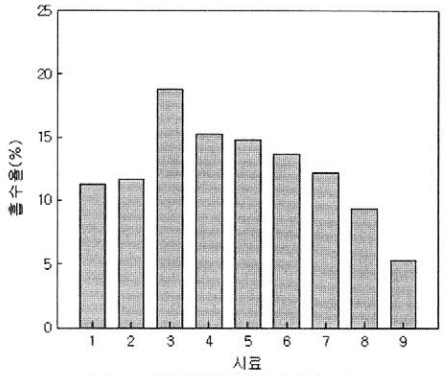
1990年代に製作された長慶寺の高麗瓦を除くと1970年代以前及び1980年代に製作された塼の吸水率は 10～18%範囲で非常に高い。このように高い吸収率は空隙が多い反証で圧縮強度が低く、凍害による被害で耐久性の低下が加重される可能性が大きい。

3.2. 水吸収の速度

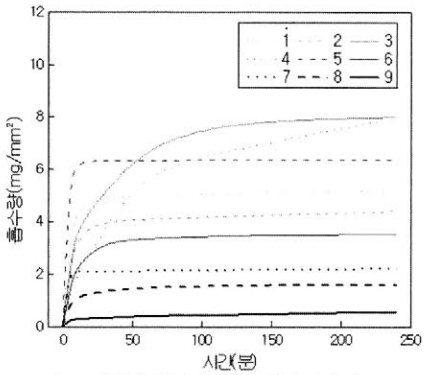
全体的に手作業による固めで製作され空隙が多数分布していて採取試料による水吸収の速度に特別な傾向が見られなくて 15 分以内の早い吸収性を表した。

3.3 接触角

塼の接触角測定は水玉の接触後3秒以内の接触角に対する試験結果で全般的に水吸収性が非常に早くて水に対する接触角が測定できなかった。一部の塼で撥水性を表す接触角が測定することができたがこのような接触角も時間が経過することによってと水分が全量吸収されて接触角が維持できないことで現れた。



画 1. 採取試料別吸収率



画 2. 採取試料別水吸収速度

4. 結論

本研究では南漢山城女墻の主材料である塼を採取して水吸収の特性を分析することで復元及び保存に必要な基礎的資料を提供しようとする。実験結果，予想のとおりに耐久性を低下させることができる高い吸収率，早い水吸収の速度と低い撥水性が指摘された。すなわち，冬場には塼に水が吸収され凍結融解が繰り返されると内部の空隙に存在する水分によって膨張圧が作用して塼が破損される凍害の恐れがある。なので復元に必要な塼を製作するためには固めが均質で内部の空隙を減らし，水分浸透を抑制するための表面処理剤などを塗布することによって凍結融解作用に対する防止対策を準備する必要があると判断される。

青陽長谷寺の金銅藥師如來坐像の改金層分析

Analysis on Coated-Gold Layers of Gilt Bronze Seated Bhaisajya-guru from Cheongyang Janggoksa Temple

○ 鄭光龍 (韓国伝統文化学校 保存科学研究所),
金奎彬 · 李知遠 · 鄭世林 (韓国伝統文化学校 保存科学研究所)
○Chung Kwang Yong (Institute of Conservation Science, The National University of Cultural Heritage), Kim Gyu Been·Lee Jee Won·Jeong Se Rim (Institute of Conservation Science, The National University of Cultural Heritage)

1.緒論

青陽の長谷寺の金銅藥師如來坐像は境内にある上·下棟の大雄殿の中で下大雄殿にある仏像として寶物第337号で指定されている。1959 年に発見された發願文によると高麗の忠穆王 2 年(1346)に仏像を造成したということが分かり，こういうわけで高麗時代の仏像であることが確認されて忠清道地域で流行していた高麗後期の仏像様式が見られる作品である。

本研究では長谷寺の金銅藥師如來坐像の表面に対する主成分分析を通じて素地金属と改金層に使用された材料を推定し，脱落された改金層を収拾して顕微鏡観察で層位確認およびエネルギー分散分光分析機(EDS)を利用した層位別の主成分分析に対する結果を糾明しようとする。

2.研究方法

2.1.分析対象

表面の総 12 地点(全面 9 地点，後面 3 地点)に対する主成分分析を行って脱落された改金層を収拾して層位別の主成分分析を実施した。

画 1.青陽の長谷寺の金銅藥師如來坐像の分析位置

2.2. 分析方法

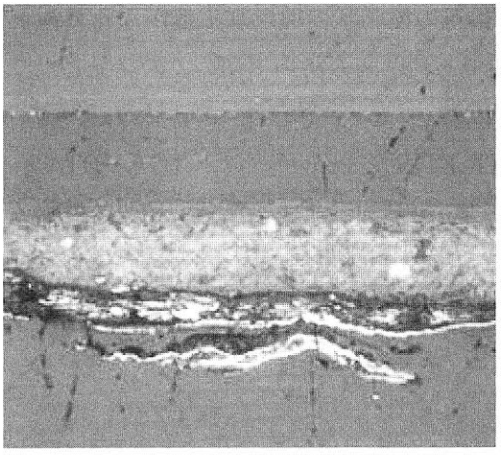
仏像表面の主成分分析には Portable XRF Analyzer(Innov-X System)を使用し，分析は Alloy mode で各各 30 秒ずつ原子番号 15 番以上の元素に対して分析を実施した。

改金層の層別分析には実体顕微鏡(Nikon, JP / SMZ1500), 金属顕微鏡(Nikon, JP/ EPIPHOT 200), 電子顕微鏡(SEM:Scanning electron microscope, JEOL, JSM-6400)及びこれに付いているエネルギー分散分光分析機(EDS: Energy Dispersive Spectroscope, OXFORD, ISIS3000)が使われて分析の条件は加速電壓 20keV,WD 20 ㎜である。EDS を利用した分析は1 Point あたり 90 秒間分析した。

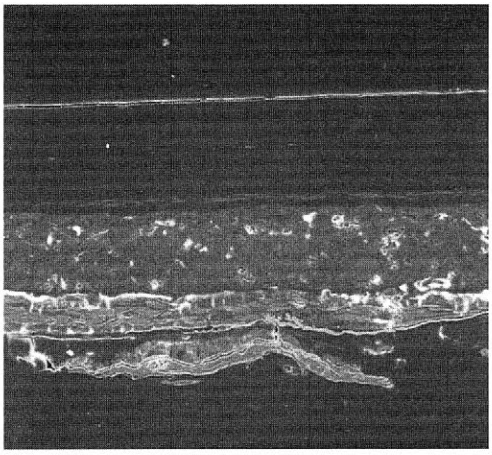
3.結果

仏像表面の大部分から銅(Cu),錫(Sn),鉛(Pb),金(Au)が主成分で検出された。造成比は各分析位置の改金の厚さなどによって違うことになると判断される。肉髻は足裏を除いた10地点から亜鉛が検出されたがこれは仏像の改金の時, 亜鉛が使われたと推定される。

顕微鏡観察の結果, 黄色い單層が2～3重確認され何回改金をしたという事実が確認できた。改金層は大きく上層·中層·下層で分けられて SEM-EDS で單層を分析した結果(画3), 3個の層全部金(Au)が検出され單層の間に銅(Cu)と亞鉛(Zn), 珪素(Si)が検出された。



画2.金属顕微鏡観察(×200)



画3.SEM 観察

4.考察及び結論

仏像の改金に使用された基本的な材料は金を使ったがここに銅化合物(Cu+Zn)や Si, Al, Fe などを含むパテを使用し金箔を着せたと推定される。金箔に添加された銅は亜鉛が主成分であるパテに関する追加的な研究が要り, 他の金銅仏像の改金層との比較分析を通じて改金技法を糾明する必要があると思われる。

鹿児島県喜界町川寺遺跡出土琥珀の材質分析

Analysis of Excavated Amber from Kawadera Site in Kikai Town, Kagoshima Prefecture

○植田直見（(公財) 元興寺文化財研究所)、渡邊緩子（日鉄住金テクノロジー株式会社)、
澄田直敏（喜界町教育委員会）

○Naomi Ueda（ Gangoji Institute for Research of Cultural Property)
Hiroko Watanabe（Nippon Steel & Sumikin Technology, Co., Ltd)
Naotoshi Sumida（Kikai Town Board of Education)

1．はじめに

鹿児島県大島郡喜界町川寺遺跡から出土した赤褐色の樹脂状の塊は加工痕がなく外観と質感などからは琥珀の可能性が考えられた。これが琥珀であれば南西諸島で初めての発見となり当時の交易を考えるうえで非常に興味深い。

そこで、全反射フーリエ変換赤外分光（以下 ATR-FTIR)、熱分析（以下 TGA・DTA)、熱分解-ガスクロマト/質量分析（以下 Pyro-GC/MS）により材質を分析した。その結果、植物由来の有機物であり、国内の主産地の地質学的標準琥珀と比較した結果、ATR-FTIR、TGA・DTA からは報告事例の少ない岐阜県瑞浪市釜戸層産出の琥珀の分析結果と非常に近い値を示した。

2．川寺遺跡

川寺遺跡は喜界町南部の手久津久集落地内に位置し、調査では鎌倉時代末～室町時代（13 世紀～15 世紀）と推定される遺構・遺物を確認した。今回の対象遺物と同様な 13 世紀～15 世紀の遺構としては、柱穴約 10,000 基、土坑約 200 基、土坑墓約 30 基、焼土跡約 80 基、掘立柱建物跡約 30 棟、溝状遺構約 100 条などがある。遺物は、龍泉窯系青磁や土器、石器、ガラス玉、鉄製品、銅製品、人骨、獣骨などが出土した。

3．分析資料

ピットから出土し、約 2.7cm×1.8cm、重さ約 4g の塊で、表面はかなり劣化していたが内部は透明感が残っていた。分析は遺物の健全な部分からごく微量をサンプリングした。同様に久慈市、いわき市、銚子市、瑞浪市付近から産出した標準資料も分析した。

4．方法

ATR-FTIR は全反射フーリエ変換赤外分光光度計（SENSIR TECHNOLOGIES 製 TravelIR)）を用い、極微量の試料をそのまま測定部に設置し検出器に TGS を用い、分解能 4cm^{-1} で測定した。TGA・DTA は試料の砕片（約 1 mg）をアルミニウムセルに入れ、200ml/分の流量の窒素ガスを流しながら 10℃/分で昇温させ、その時の重量変化と熱量変化を測定した。Pyro-GC/MS は JMS-Q1050GC 型 GC-MS（日本電子(株)製）を使用し、熱分解は EGA/PY-3030D 型熱分解装置（フロンティア・ラボ製）を使用した。この装置で EI 法と PI 法の両者の分析を行った。測定は試料を

約0.5mg使用し、試料をガス化した後、カラムとしてDB-1（30 m×0.25 mm. F=0.25 μm)を使用した。

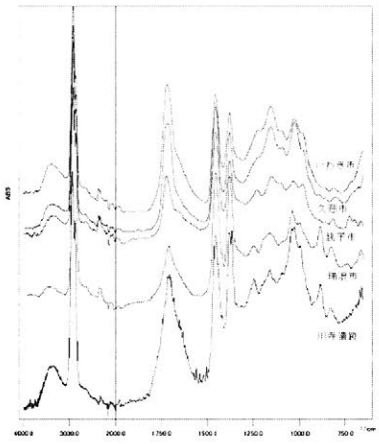


図1．赤外吸収スペクトル

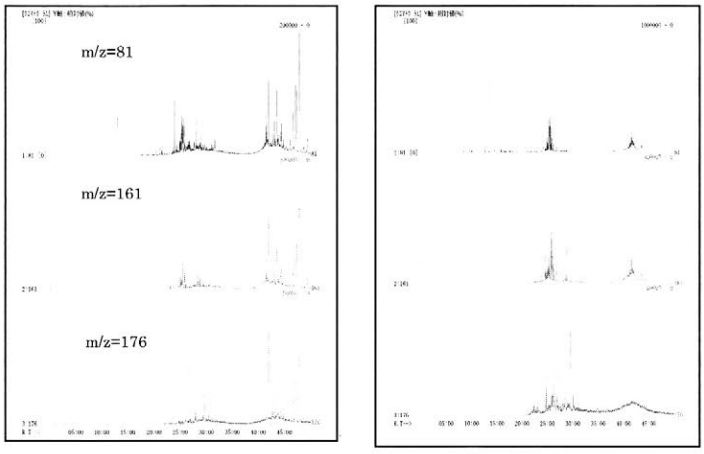


図3．m/z=81、161、176のクロマトグラム（左350℃、右550℃）

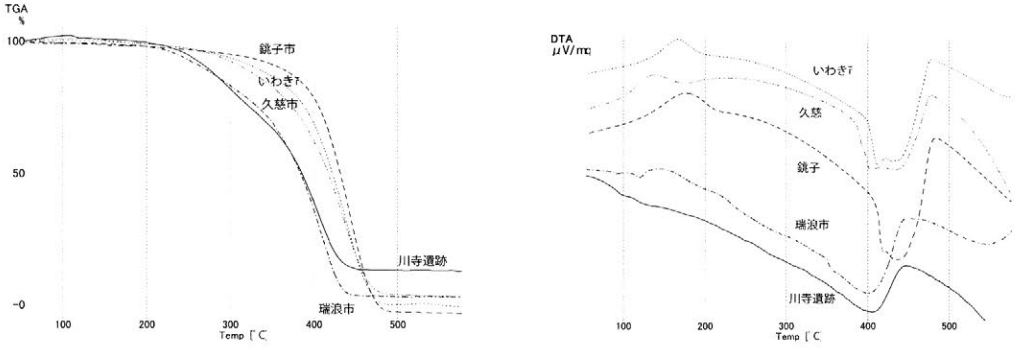


図2．熱分析（左：熱重量測定（TGA）　右：示差熱分析(DTA)）

5．結果・考察

出土遺物と標準試料のATR-FTIR、TGA・DTA、Pyro-GC/MS（EI 法）の結果を図1、2、3に示した。ATR-FTIR、TGA・DTAの結果を標準資料と比較した結果、現在産地の判明している資料では瑞浪市釜戸層から産出した琥珀の分析結果に非常に近似した結果となった。瑞浪市産の琥珀は年代的に新しくコーパル樹脂に近い性質を持ち他の産出地からの琥珀と分子構造がかなり異なると考えられる。これらの分子構造を推定するためPyro-GC/MSを行った。その結果、瑞浪市と類似した分子構造を持つ可能性が考えられた。

6．さいごに

瑞浪市産の可能性が高い出土琥珀はこれまで報告例が少なく、交易を考える上では非常に興味深い。しかし、同様な分子構造を持つ琥珀産地が国内外で存在する可能性は残っている。そのため、少量産地などの分析を進めると同時に琥珀の分子構造を推測する必要があると考えた。今後は由来すると推測される樹木から流れ出た樹液やコーパル樹脂などを同様な方法で分析したい。

円覚寺跡(沖縄県那覇市)から出土した漆塗り遺物の分析

An analysis of the lacquer ware excavated from the remains of Engaku-ji temple.

湯淺 健太 (明治大学大学院理工学研究科), 宮里 正子 (浦添市美術館)
○本多 貴之, 宮腰 哲雄 (明治大学理工学部)

1. はじめに

琉球(現沖縄県)は中国や東南アジア諸国との貿易を通じて繁栄し、琉球特有の文化と海外の文化とを巧みに組み合わせた多くの芸術品を世に送り出してきた。その中でも「琉球漆器」は特に価値のある一品であった。しかしながら琉球は第2次世界大戦の際の激戦区でもあったことため、当時の技術を示す物の多くは喪失され、今現在伝えられている材料や技術が当時の材料や技術と同じであるかは定かでは無い。

今回は、現在重要文化財に指定されている「放生橋」を残して他は第2次世界大戦時に焼けてしまった円覚寺跡から出土された木片と軟質土器の小片を分析対象とした。これらの部材に利用された漆種や技法、顔料の種類を分析することで当時の技術の解明を行った。

2. サンプルおよび分析手法について

今回の分析に供した試料は以下の2点である。

写真1 赤色木片

1)「赤色の木片」(試料 No.105-2)
円覚寺三門北地区の撹乱層から得られた資料であり、位置的に三門に関連する可能性も示唆されている。

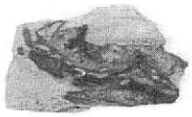


写真2 焼物の破片

2)「軟質の焼物(壺)の破片」(試料 No.196-2)
円覚寺跡の撹乱層から出土した資料で、土器片の内外面は黒色を主体とし、外面の一部には赤色部分が残存する。外面は牡丹と思われる植物が描かれ、格子文様が彫られ、この上に赤色が塗られていた。

3. 分析手法

今回は以下に示す分析手法を用いて、これら遺物の塗りについて解析を行った。

<熱分解ーガスクロマトグラム/質量分析(Py-GC/MS)>
塗膜の化学的な組成を調べるために、Py-GC/MS を用いて分析を行った。熱分解温度は 500° C とし、イオン化電圧は 70eV、ガスクロマトグラムカラム温度:40−320℃ (rate ; 12° C/min)、カラム流量: He 1.0ml/min で測定した。

<断面分析・蛍光 X 線分析>
それぞれの試料の小片をエポキシ樹脂(53 型・三啓)に包埋した後にスライドグラス上に固定後、薄片とした。この薄片について顕微鏡下での観察と、蛍光 X 線分析(XGT-5200・HORIBA)による分析を行った。
また、木片部分に関しては断面分析による樹種の同定も試みた。

4. 分析結果

4-1. Py-GC/MS 分析の結果

2つの試料に関して熱分解−GC／MS 法でその小片を分析した。

その結果、木片の分析結果からは乾性油に関する成分が得られた。一方、土器片の分析結果からは日本・中国に生育している漆(*T. vernicifluum*)の重合物が熱分解して得られる 3−ペンタデシルフェノール (P15・分子量 304) と 3−ヘプチルフェノール (P7・分子量 198) が確認された。さらに、ベトナム・台湾に生育している漆(*T. succedaneum*)の重合物が熱分解して得られる 3−ヘプタデシルフェノール (P17・分子量 332) と 3−ノニルフェノール (P9・分子量 226) が確認された。さらに、この塗膜の 1 層目だけを注意して剥離し、熱分解−GC／MS 分析したところウルシオール由来の化合物のみが認められたことから、最表面と下地で別々の漆を利用していたことが明らかになった。

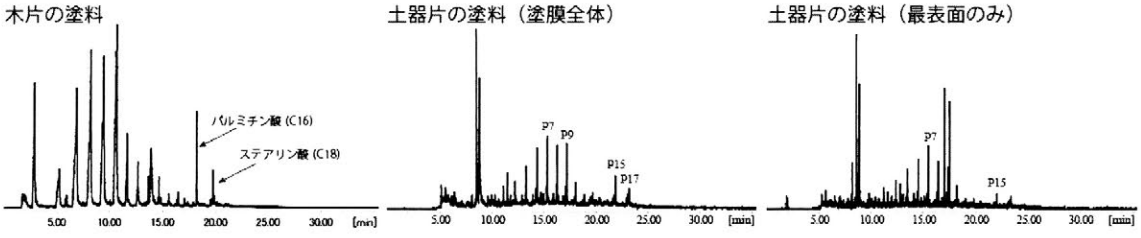


図 1 Py-GC/MS の測定結果
(左:木片の塗料部分(m/z 60), 中:土器片の塗料全体(m/z 108), 右:土器片の最表面(m/z 108))

4-2. 断面分析・蛍光 X 線分析の結果

木片の塗りは簡素な 1 層塗り(写真 3)であり、樹種はイヌマキ属である事が分かった。また、赤色部分の蛍光 X 線分析結果から、水銀と鉛が強く検出された。このうち、水銀は赤色顔料として、鉛は硬化促進剤として利用された物ではないかと考えられる。

一方、土器片の塗装は 3 層からなり(写真 4)、表面から赤色層・漆層・下地層であることが分かった。赤色部分からは水銀と鉄の成分が観測され、水銀朱と弁柄が混ざり合って利用されていたことが分かった。

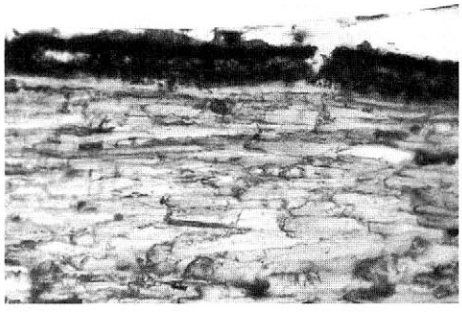


写真 3 木片の断面写真

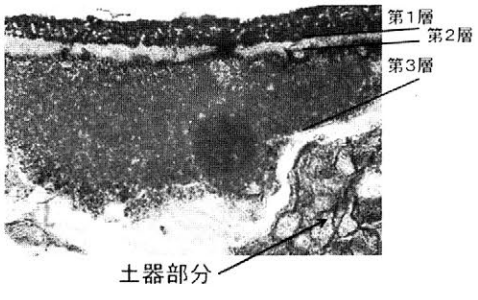


写真 4 土器片の断面写真

謝辞

今回の研究にあたり、試料をご提供いただいた沖縄県立埋蔵文化財センターの皆様にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

また、円覚寺三門跡から出土した木片の樹種同定は(独)森林総合研究所能城修一先生に鑑定していただきました。この場を借りて御礼申し上げます。また琉球漆器に関する文献と資料を提供していただいた浦添市美術館宮里正子館長に御礼を申し上げます。

トルコ共和国サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡出土土器新石器時代土器の化学的および記載岩石学的分析

Study of the Chemical and Petrographic Analysis of Pottery from Salat Camii Yani ,a Pottery Neolithic site in Turkey

○松本建速（東海大学）・市川慎太郎・中村利廣（明治大学）・三宅 裕（筑波大学）
Takehaya MTSUMOTO・Shintaro ICHIKAWA・Toshihiro NAKAMURA・Yutaka MIYAKE

1．研究の目的

トルコ共和国東部サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡出土の土器新石器時代の土器と、遺跡周辺で採集した土壌の化学成分を分析した。土器については特徴的なものの薄片を作成し記載岩石学的分析もおこなった。本試料は土器新石器時代初頭のものから連続し、第１～３期に分けられ、しかも北メソポタミアの土器に類似する（三宅ほか2009）。そこで、①土器は遺跡周辺の土で作られたのか、②胎土も北メソポタミアと共通するのか、③第１期とそれ以降とで胎土に違いが生じるのかといった考察をおこなう目的で分析を実施した。

2．試料と分析

（1）試料：第１期８点、第２期10点、第３期４点、計22点の土器を試料とした。第１期：粗砂あるいは鉱物粒が多数含まれ、器面が研磨される。第２期：植物繊維、植物茎等が多く含まれ、器面が研磨される。第３期：粗砂などがいくらか含まれ、表面がよく研磨される。植物繊維もわずかに含まれる。粘土および土壌については、遺跡内の遺構を構築した土、遺跡周辺から採取した粘土や土壌を試料とした。

（2）化学分析：分析には明治大学理工学部設置の波長分散型蛍光 X 線装置Rigaku Rix 3100 を用いた。実験は明治大学市川慎太郎研究員・同大学中村利廣教授がおこなった。定量分析には試料と融剤との質量比が1:10 のガラスビードを用い、地殻の主要元素10元素の酸化物、Na_2O、 MgO、Al_2O_3、 SiO_2、P_2O_5、 K_2O、CaO、TiO_2、 MnO、 Fe_2O_3と、微量元素V、 Cr、 Ni、 Rb、 Sr、 Y、 Zrを定量した。

（3）記載岩石学的分析：薄片を作成し、偏光顕微鏡下で0.25mm以上の物質を観察した。

3．結果と考察

（1）結果：各元素の濃度

地殻平均と比べると、本試料の土器や粘土の化学成分はCa、Ni、Cr、Zrが高く、Alが低いのが特徴である。

（2）Si、Ca、Ti、V、Fe、Cr、Niから見た土器胎土の特徴

土器は地殻の風化物が原料なので、胎土や土壌にはSiやAlが地殻平均の値である27.2％（Si）、８％（Al）よりも多く含まれるのが普通である。本試料では、Siはそれに匹敵する値だが、Alは少なくCaが高濃度である。そこで考えられるのが、$CaCO_3$（炭酸カルシウム、方解石、大理石）、$CaSO_4 \cdot H_2O$（石膏）、$CaCO_3$を50％以上含む石灰岩などである。それらは遺跡周辺の地質に一般的である。Tiは地殻平均前後のものが大部分だが、土器43のみ高濃度であり、FeやVも高い。これは玄武岩などマフィック岩の特徴である。試料全体では、Ni、Crがやや高濃度である。マフィック岩やそれらに由来する変成岩に見られる特徴である。

（3）Sr、Ca、Mg、Kから見た土器胎土の特徴

第２期の土器は胎土に植物繊維を含み、SrはSiの増加とともに減少する。粘土試料のSrとSiに相関関係はない。このタイプの土器の胎土はSiが低い一方、Ca、Mgが高く、他の土器との違いがある。

第１期の土器はSrが低くCaやMgも低いが、Siが高くフェルシック岩の領域である。土器23と43のようにSi濃度が第３期のものにやや近い試料もあるが、Sr、Ca、Mgから第１期と第２期の土器の胎土は由来が異なることがうかがえる。K濃度からもその傾向を読み取ることができる。

（４）薄片による記載岩石学的分析との関連

第１期土器には岩片や鉱物片が多量に入り、胎土の外観的特徴はいくつかに分けられる。岩片には無色、黒色の２種類、鉱物片には透明、白色の２種類がある。土器43はSiが25%に満たず、Ti・Vが高濃度、Rbが低い。マフィック岩地域の地質に由来する。土器表面に暗色の角ばった岩片が多数散在する。薄片観察によるとそれは玄武岩である。風化したものではなく外観は新鮮である。第２期土器の胎土には植物繊維が多く含まれる。粗砂は目立たない。化学成分は第１期のものと異なる。第３期土器の胎土にはわずかに植物繊維が入り、石英片岩片由来の粗砂も散在する。混和剤の添加には、相対的に粘土鉱物量を低めることにより含有水分量を抑え（乾燥を早め、燃焼時間を抑制し）、燃料を最小限におさえる目的があったと推定される。

（５）北メソポタミア地域の土器との比較（図参照）

本遺跡も含め、北メソポタミア200km圏内であるイラク北西部の３遺跡の土器新石器時代遺跡出土土器の化学成分（M. Le Miere et al. 1994）と比較した。器壁の厚い厚手土器（植物繊維含有）、粗製土器、精製土器、暗色磨研土器（DFBW）、構築物用日干し煉瓦が試料である。暗色磨研土器は本遺跡でも出土している（土器９）。イラクの土器はCr、Niともに高くSiO2量もマフィック岩地域のものである。本遺跡の土器はイラク北西部の４グループには入らず、シリア北部のBC3000年期の土器（T. Broekmans et al. 2006）とも異なっていた。

４．まとめ

（１）土壌との比較の結果、胎土はすべて遺跡周辺産の可能性がある。第１期には別産地のものもあるか。

（２）第１期（脆い岩石を砕き岩片を多量に混和、石英片岩、珪岩が多いが、玄武岩もまれにあり）、第２期（岩片は加えず、植物繊維を加える）、第３期（両方ともいくらか加える）に、技術が変化した。混和剤の添加は、土器製作時に加わる水分量、乾燥の徹底、焼成時の燃料使用量、などと関連している。

（３）北メソポタミアの200km圏内の土器とは、胎土が異なっていた。さらに狭い範囲内での流通はあったであろう。製作技術や形態に共通性があるので、土器の製作者の交流の問題を考える必要がある。

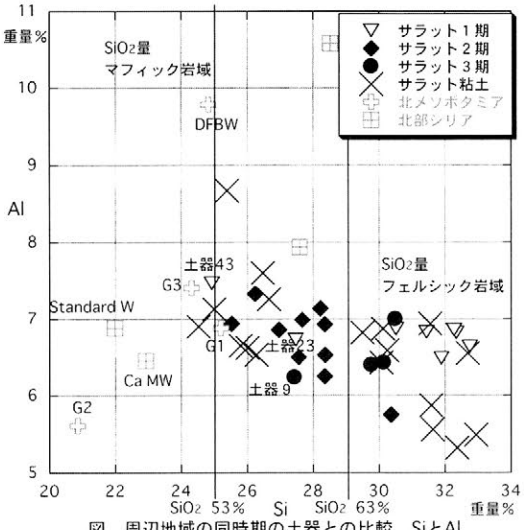


図　周辺地域の同時期の土器との比較　SiとAl
※周辺地域の土器の値は文献値

５．今後の展望

土器の化学的、記載岩石学的分析を継続するとともに、北シリアも含め周辺地域の土器、地質についての既知の分析データも集める必要がある。そして、周辺地域との土器生産技術の共有の有無、第１期の土器の生産者がどこから来たのか、なぜ第２期の生産技術が導入されたのか、その契機は何か、などを考察したい。

参考文献

三宅 裕・前田 修・田尾誠敏・本郷一美・丹野研一・吉田邦夫 2009「サラット・ジャーミー・ヤヌ遺跡（トルコ共和国）発掘調査概報：2004-2008年」『筑波大学先史学・考古学研究』20号　75-112頁　筑波大学大学院人文社会学研究科

M. Lemiere et al. 1994 *PALEORIENT* Vol. 20(1)

T. Broekmans 2006 *Archaeometry* Vol. 48(2)

中国青銅器の製作技法解明のための実験考古学的研究（２）

An experimental archaeological study for reconstructing the manufacturing technology of Chinese bronze vessels(2)

○丹羽崇史（奈良文化財研究所）、新郷英弘（芦屋釜の里）、樋口陽介（同左）、八木孝弘
○Niwa Takafumi(Nara National Research Institute for Cultural Properties),
Shingo Hidehiro(Ashiyagama no Sato), Higuchi Yosuke(Ashiyagama no Sato) ,Yatsuki Takahiro

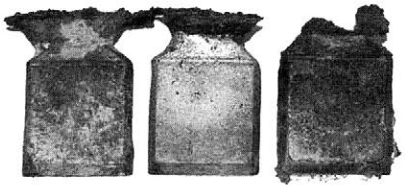
1. 2012年度の対照実験の成果

筆者らは、近年の中国青銅器研究における楼空青銅器の製作技法をめぐる議論をもとに、これまでの研究の多くが、金属製品に見られる製作痕跡と実際の技術の相互関係が不明なまま、研究者・技術者による製作技術に関する仮説が提示されている点を指摘した。こうした現況を打開するため、同一の製品を複数の原型素材や鋳型の構造などで製作し、できあがった製品どうしを比較検討する「対照実験」を継続的に実施している。

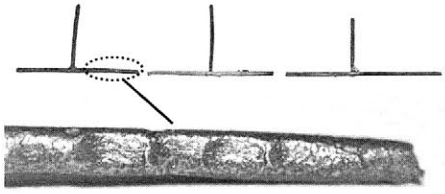
2013年3月に芦屋釜の里（福岡県芦屋町）で実施した第1回の実験では、石膏原型（分割型）、蜜蝋原型（包み型）、錫原型（包み型）により同一のテストピース（板状・らせん状）を製作したほか、一体鋳造、先鋳、鑞付けによる接合方法の比較、ならびに曾侯乙盤の小破片に見られた波状痕跡が蝋原型に小手あてをした痕跡であることを検証するための小手あて実験も併せて実施した（丹羽ほか2013）。

これらの実験の結果、以下のようなことを確認した。

- 錫原型（包み型）による鋳型の製作と鋳造に成功した。
- 石膏原型（分割型）、蜜蝋原型（包み型）、錫原型（包み型）の製品は鋳肌や線状痕跡に差異がみられた。
- 石膏原型の製作品には、鋳型分割箇所以外にも線状痕跡ができ、鋳肌は割合滑らかであった。蝋原型、錫原型のものは、ともに線状痕跡が見られず、巣が見られた。とくに蝋原型のものは、鋳型内の蝋の残存のためか、鋳肌は荒い。
- 小手あて実験で成形した波状痕跡は曾侯乙盤小破片のものと類似するが、金属（錫）原型では加熱した小手による成形は困難である。



2012年度の実験製作品①
左から、石膏原型（分割型）、蜜蝋原型（包み型）、錫原型（包み型）



2012年度の実験製作品②
上段：左から一体鋳造、先鋳、鑞付け
下段：蝋原型の小手あてによる波状痕

曾侯乙盤の破片（張2007）
長さ約25㎜。表面に波状痕跡が確認できる。

2．2013年度の対照実験

（1）実験の狙い

2012年度の実験では、分割型と製品表面の線状痕跡、鋳肌の滑らかさが一定の関連がある可能性が判明した。分割鋳型とともに、鋳型表面に生じた線状痕跡がガス抜けの機能を果たし、製品の鋳肌にも影響を与えたか否かを明らかにする必要がある。

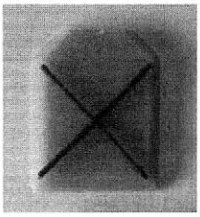
また、蝋原型の小手あて実験で成形した波状痕跡は、曾侯乙盤例と類似するが、凹凸が顕著である点が異なっている。そのため、より類似した波状痕跡を小手あてで再現する必要がある。

（2）実験の内容

2013年度の実験では、前年度と同一の条件で板状テストピース製作を行い、結果を再検証したほか、よりヴァリエーションを持たせた実験を行った。実験は芦屋釜の里で、2014年3月8日に予備実験、15・16日に本実験を実施した。合金比率は、前年度と同じ銅80%，錫15%，鉛5%である。

Ⅰ．鋳型製作・鋳造実験（板状テストピース　幅50㎜＋高さ60㎜＋厚さ5㎜）

①蜜蝋原型＋分割型（線状刻み）　②蜜蝋原型＋分割型
③蜜蝋原型＋包み型　④蜜蝋原型（線状突起つき）＋包み型
⑤錫原型＋分割型（線状刻み）　⑥錫原型＋分割型
⑦錫原型＋包み型　⑧錫原型（線状突起つき）＋包み型
⑨土原型＋分割型（線状刻み）　⑩土原型＋分割型
⑪木原型＋分割型（線状刻み）　※③⑦は2点製作し1点は鋳型のまま保存



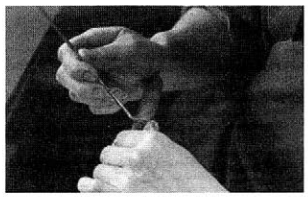
④蜜蝋原型
（線状突起つき）

Ⅱ．棒状蜜蝋原型への小手あて

①曲がった状態で小手あて　②小手あて後に曲げる

（3）実験の結果

鋳型製作・鋳造実験では、錫原型の製品は前回と同様な鋳肌となったが、土原型のものはやや粗い鋳肌となり、木原型のものは木目が確認できる。このように原型の質感が製品に顕著に反映される結果となった。また、線状刻みや突起の有無によって製品に大きな差異は認められない。



棒状蜜蝋原型の小手あて

棒状蜜蝋原型の小手あて実験では、先端面を扁平に加工し、沸騰した熱湯に浸した小手を曲がった状態の蜜蝋の軽く押し当てたところ、曾侯乙盤破片の波状痕跡により近いものを成形することができた。

3．まとめ

2013年度は、原型素材と鋳型の構造によりヴァリエーションを持たせた対照実験を実施したところ、原型・鋳型をはじめとした複数の要因が、製品に残る痕跡に影響を与えている可能性が窺われた。線状刻みや突起の影響は確認できなかったが、形態や手法を変え、再度実験を試みる必要もある。小手あてについては、原型以外にも小手の温度調整が成形上、重要であると考えられる。

今後、製作品や鋳型の詳細な観察・分析とともに、研磨などの調整により生じる差異も明らかにしたい。

本報告は、科学研究費若手研究（B）「東アジアにおける失蝋法の出現と展開に関する考古学的研究」（研究課題番号：21720295　研究代表者：丹羽崇史）、科学研究費基盤研究（B）「三次元デジタル計測技術を活用した中国古代青銅器の製作技法の研究」（研究課題番号：70171824　研究代表者：谷豊信）による成果の一部であります。

引用文献　丹羽崇史・新郷英弘・八木孝弘・樋口陽介2013「中国青銅器の製作技法解明のための実験考古学的研究―曾侯乙墓出土尊盤の調査から―」『日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集』　張昌平2007「関于曾侯乙尊盤是否採用失蝋法鋳造争論的述評」『江漢考古』2007年第4期

東大寺二月堂飯器の塗膜分析

Lacquer layer analysis of the cooked rice container from Todaiji Nigatsu-do

○岡田文男(京都造形芸術大学)・浦　蓉子(京都大学大学院文学研究科)
○Fumio Okada(Kyoto University of art and Design),Yoko Ura(Graduate School of Letters Kyoto University)

はじめに

筆者らは近年、東大寺二月堂に伝来した飯器の塗装構造調査を行う機会に恵まれた。飯器の内外面より約２ミリ角の塗膜片を採取し、塗膜断面の薄片を作製して顕微鏡下において観察した結果、飯器には４回の塗り直しが確認された。以下、「二月堂飯器」の塗装技法の調査結果を報告する。

１　二月堂飯器の概要

調査に供した飯器は外面が黒色、内面（見込）が赤色に塗られた朱漆器である（写真 1）。飯器の直径は約 35 ㎝、高さ約 13.0 ㎝、底の厚さが約５㎝であった（図１）。飯器の内面底の中央付近は塗膜の一部が剥落しており、その部分は木地が約一センチの深さまで腐食が進行している。そして腐食した周囲の途切れた塗膜端部には色味の異なる赤色の漆層を３層数えることができる。下層は濃い赤色を呈しており、その上に下地をともなった、下層よりも明るい赤色を呈した層がある。この層には不定形でやや大きな単位の断文が認められ、その表面には擦痕がみえる。その上に、やや黄味のある朱色の漆層がごく一部に残っている。外面は総体が黒漆塗りで、底部中央が直径 10 ㎝ほどに渡って塗膜がすり減って木胎が露出している。そして木地が露出した部分に直径約６㎜の木釘を三カ所埋めている。

写真１　二月堂飯器の見込み

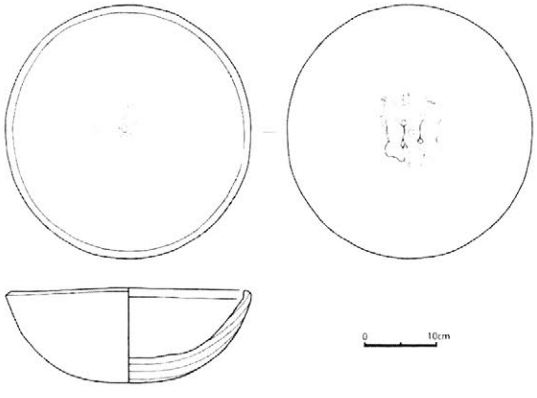


図１　二月堂飯器実測図

2　塗膜分析結果

写真２に内面の塗膜断面を薄片にして透過光下において観察した結果を示した。写真２に示したように、塗膜断面には画面下方の右端から左に向かってやや斜めに上り、中ほどで途切れた塗装の断面がみえている。その最下端に木地断面がわずかに見え、それに重なる下地の粒子の大きさや塗層の連続性から、この層を当初層と判断した。写真２の塗膜断面にはこの当初層と、その上に赤色漆層が４層認められたことから、これらの４層を修理と判断し、下層より修理１・修理２・修理３・修理４とした。写真３に写真２と同一の塗膜断面を走査型電子顕微鏡で観察した結果を示した。写真３の画面の下方に、長径が 100 ミクロンを超える粒子を含む当初の下地層と漆層（上面にわずかに辰砂を含む）が認められた。その上に写真２で示した修理１の下地層があり、粒径は当初の下地の粒子の半分以下で、長楕円形の断面をもつ粒子が分散しているのが観察された。その上に水平方向に伸びた層があり、そこに反射率が高く、断面が角ばった粒子がまばらに分散しており、修理１の赤色漆（辰砂）層に相当する。その上に修理１よりも丸みを帯びた断面をもつ粒子からなる修理２の下地があり、さらにその上に断面が円形の粒子を含む赤色漆層がある。この赤色漆層中の粒子は修理１の赤色漆層中の粒子ほど反射率が高くなく、唯一ベンガラ層であった。ついで、修理２の上に修理２の下地の倍ほどの厚さの下地があり、その上にごく薄く、反射率が低いために黒く見える線が水平方向に伸びている。この部分にはごくわずかであるが、辰砂の粒子が含まれており、これが修理３の上面に相当する。その上にさらに下地と辰砂を含む赤色漆層の重なりがあり、それが修理４の上面に相当する。

3　まとめ

東大寺二月堂に伝来した飯器の内面塗装について、塗膜の小片を採取して塗膜断面を観察した結果、当初層の上に４回の赤色漆層からなる修理層を確認することができた。４回の修理層のうち３回は辰砂が用いられ、１回はベンガラが用いられていた。以上の塗膜分析の結果、東大寺二月堂修二会において正食の儀式に用いられた飯器は、繰り返し修理されつつ、きわめて長期にわたって使用され続けたことが窺えた。

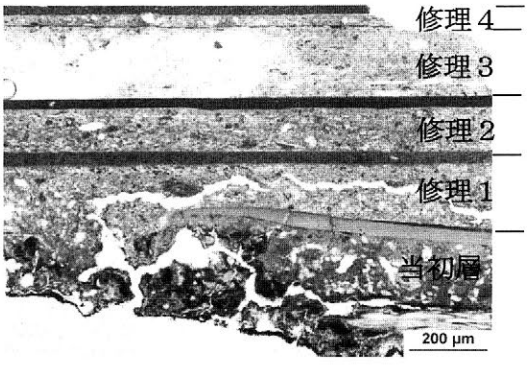


写真２　内面の塗膜断面写真

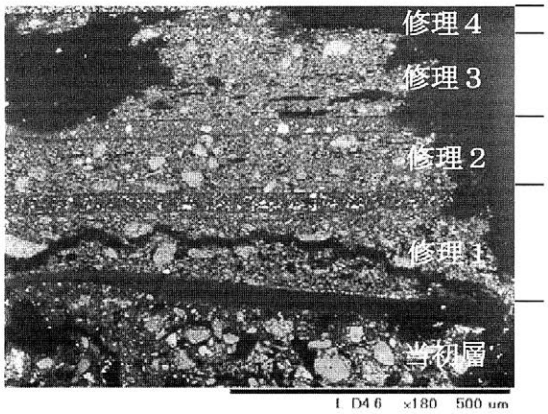


写真３　同左、走査型電子顕微鏡写真

中世の金生産に関する自然科学的研究
－ 金貨の表面処理について －
A Study of gold producing technology in Medieval Japan
－ Analysis of surface treatment of gold coins -

○沓名　貴彦（国立科学博物館）、嶋村　英之（加須市教育委員会）
小島　浩之（東京大学）
○Takahiko　Kutsuna (National Museum of Nature and Science)
Hideyuki Shimamura (Educational Board of Kazo City)
Hiroyuki Kojima (Tokyo University)

はじめに

江戸時代に製造された大判や小判といった金貨は金銀合金であり、吹替の度に金の品位が変化している。特に金の濃度の低い小判では、金濃度が6割以下と、半分近くが銀のものもある。この合金では、表面の色は金色ではなく淡黄色から銀色に近い色のはずだが、表面は金色を呈している。

これは、金貨の表面に「色付」と呼ばれる表面処理技術が用いられているためである。これは、金表面付近の銀分について薬剤を用いて除去し、金濃度を部分的に高めるものである。この技術については、これまでにさまざまな報告がなされているが、報告では薬剤により銀分が除去された結果、表面に極微細な穴が生じるとのことであった[a)b)]。技法解明は行われているものの、この技術がいつから用いられているかについては、不明のままであった。

戦国時代、金は秤量貨幣として流通し、砂金だけでなく蛭藻金や露金、碁石金といった貨幣が製造された。中でも蛭藻金は、その形状が大判・小判と同じ板状の金貨であり、この技術が用いられている可能性が考えられた。

今回、中世末から近世初頭に製造された金貨として、次の資料を調査する機会を得た。

調査資料は、山梨県立博物館が所蔵する山梨県甲州市福寺遺跡出土の蛭藻金、埼玉県加須市の騎西城武家屋敷跡から出土した蛭藻金と切金（蛭藻金を秤量貨幣として一部を切り取ったもの）、東京大学経済学図書館が所蔵する上代判金（天正大判の前身とみられる貨幣で、製造には後藤家が係わる）と天正大仏大判（豊臣秀頼が方広寺再建のため、後藤家に製造させた）であり、これらの資料に対し「色付」の有無についての調査を実施した。

その結果について、報告する。

調査資料

- 蛭藻金2点（山梨県甲州市福寺遺跡出土、山梨県立博物館所蔵）
- 蛭藻金1点（埼玉県加須市騎西城武家屋敷跡出土、加須市教育委員会所蔵）
- 切金1点（埼玉県加須市騎西城武家屋敷跡出土、加須市教育委員会所蔵）
- 上代判金1点（東京大学経済学図書館所蔵）
- 天正大仏大判1点（東京大学経済学図書館所蔵）

調査方法

走査型電子顕微鏡（Quanta600、日本FEI製）を用いて詳細観察を行い、前述の極微細な穴の有無について確認を行った。

結果及び考察

図には、各資料の表面詳細観察画像を示す。資料画像の条件は、全て高真空下で加速電圧15kV、反射電子像で、5000倍である。

調査の結果、各画像にみられるように全ての資料で両面に極微細な穴を確認した。このことから、いずれの資料においても色付が施されていると考えられた。一方、福寺遺跡から出土した碁石金や騎西城武家屋敷跡から出土した露金の詳細観察では、同様の穴は観察できておらず、表面処理は行われていないと考えられた。

おわりに

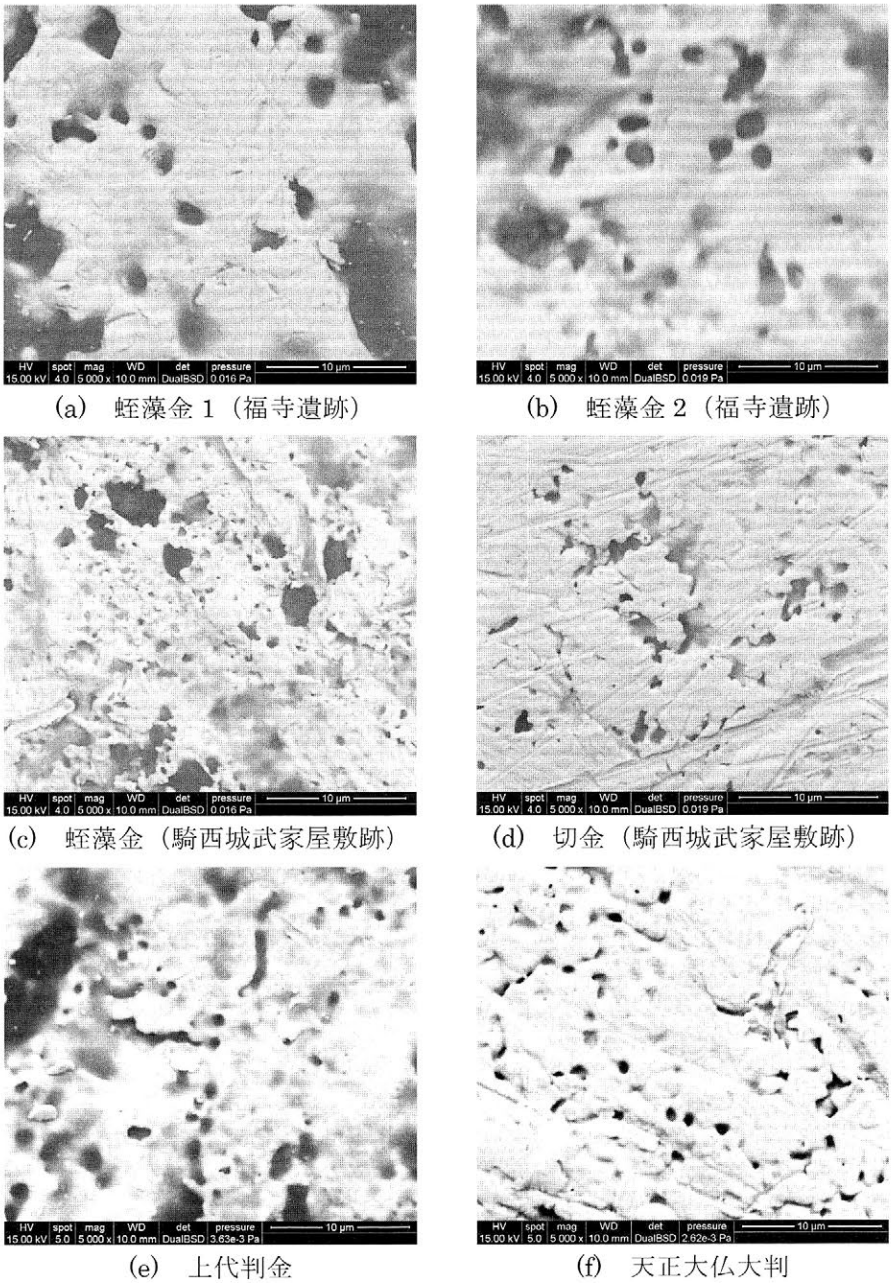
今回、中世から近世初頭の金貨への表面処理の調査結果について報告した。この様な表面処理の開始時期や技術内容は不明な点が多く、今後の事例を増やすことが重要と考えられる。

最後に本研究は、報告者が山梨県立博物館に保存科学の学芸員として在籍時の成果である。本発表をご許可くださった山梨県立博物館に、お礼申し上げます。

参考文献

a) 伊藤博之（2005）「色揚げ技術の理論と実践」『金山史研究』5, pp103-111
b) 齋藤努（2013）「江戸期小判などの色揚げに関する自然科学的研究」『日本文化財科学会第 30 回大会発表要旨集』pp82-83

本研究は、日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)「生産関連遺物への科学調査による中世末から近世初頭における非鉄金属製錬技術の解明」（課題番号：26350385）の成果の一部である。



(a) 蛭藻金 1（福寺遺跡）　(b) 蛭藻金 2（福寺遺跡）

(c) 蛭藻金（騎西城武家屋敷跡）　(d) 切金（騎西城武家屋敷跡）

(e) 上代判金　(f) 天正大仏大判

図　各資料の表面状態

中世の金生産に関する自然科学的研究
－ 金貨の表面に存在する不純物の分析 －
A Study of gold producing technology in Medieval Japan
－ Analysis of impurities existing on gold coin's surface -

○沓名　貴彦（国立科学博物館）、嶋村　英之（加須市教育委員会）
○Takahiko　Kutsuna (National Museum of Nature and Science)
Hideyuki Shimamura (Educational Board of Kazo City)

はじめに

これまでに発表者は、山梨県内を中心に金生産に関し、金山遺跡や中世城館、城下町遺跡から出土した生産関連遺物に科学調査を行ってきた[a)]。

山梨県内では、現在までに中世とみられる金貨の出土事例が数多く知られ、ほとんどを東京国立博物館が所蔵する[b)]。近年山梨県立博物館は、昭和46年に勝沼町上岩崎（現甲州市勝沼町）のぶどう畑から出土した金貨20点を収蔵した。これは、碁石金と呼ぶ粒状の金貨18点と、蛭藻金と呼ぶ楕円板状の金貨2点である。現在出土地は、福寺遺跡と呼ばれている。

また、埼玉県加須市の騎西城武家屋敷跡の発掘調査では、金貨3点が近年出土した。そのうち1点は前述の碁石金と同様の形状をしており、露金と呼んでいる。

碁石金や露金の表裏面には、製造の際に付着したとみられる不純物を確認するため、その分析により生産技術の解明が可能と考えられた。

そこで、調査を行った結果について報告する。

調査資料

・碁石金18点（山梨県甲州市福寺遺跡出土）
・露金1点（埼玉県加須市騎西城武家屋敷跡出土）

調査機器

・蛍光エックス線分析装置：SEA5230HTW（エスアイアイ・ナノテクノロジー製）
・エックス線マイクロアナライザー付走査型電子顕微鏡
　走査型電子顕微鏡：Quanta600（日本FEI製）
　エックス線マイクロアナライザー：Genesis 2000CDU（アメテック製）

調査方法

1.　資料に付着する不純物の成分分析

資料には、その製造過程で分離できなかった不純物の付着を表裏面に確認する。この部分について、蛍光エックス線分析（XRF）を用いた定性分析を行った。

2.　資料に付着する不純物の分布状態の調査

1.で確認した元素の分布状態を調査するため、エックス線マイクロアナライザー付走査型電子顕微鏡（SEM-EDX）を用いてマッピング分析を行った。

結果及び考察

各資料の表裏面には、様々な物質の付着がみられる。特に裏面に付着する黒色を中心とする不純物は、金貨の製造過程で分離できなかった物質である。この物質は、原材料の由来に影響するもの考えられ、不純物の元素を調査することで、金の入手方法やその産地情報などの解明の手がかりとなる可能性や、生産における添加物の情報を得る可能性が考えられた。そこでXRFを用いて、不純物の定性分析を行った。その結果を表1に示す。

碁石金（福寺遺跡）でほぼ共通して確認した元素は、ビスマスである。他にも、タングステンや鉛、テルルなどを一部から確認した。これら元素は鉱物由来の元素類とみられ、本資料が金鉱石から生産されたと考えられた。

露金（騎西城武家屋敷跡）では鉄を主に確認し、他に特徴的な元素は確認しない（表1）。

金には、川の土砂に含まれる砂金（川金）、土中の金である土金（柴金）、金鉱石から分離する山金に分けられる。砂金は、水や酸素の影響で様々な不純物は酸化により分離され、そ

のため不純物は石英や砂鉄が主である。柴金も、水などの影響で不純物は分離しやすいと考えられる。山金では、金鉱石に様々な鉱物が不純物として含まれるため、その分離が必要となる。

碁石金は金鉱石を原料に生産のため、鉱石由来の不純物が金に付着すると考えられたが、その不純物は不均一で、資料や部位によって含む元素が異なるとみられた。資料17のSEM-EDXマッピング分析結果を、図1に示す。金に様々な元素が不均一に付着する状態を確認した。

一方露金では、XRFで確認した不純物は鉄であり、鉱石由来とみられるような元素は確認しなかった。SEM-EDXではケイ素も確認しており、川金からの製造とみられた。

黒川金山遺跡と梓久保金山遺跡出土の生産関連遺物に付着の金粒子の分析では、前述の元素を確認している[a)]。ビスマスは多数の資料で共通して確認しており、山梨県北部から長野県かけて金峰山周辺の金山に共通する元素と認識している。他の元素にも金山との共通性がみられるため、碁石金は金峰山周辺から産出した金から製造された可能性が高いと考えられた。

表1. XRFで確認した不純物の元素

資料		XRFで確認した特徴的な元素
碁石金	1	タングステン、カルシウム
	2	ビスマス、鉛、タングステン、ヒ素
	3	ビスマス、テルル
	4	ビスマス、ヒ素
	5	ビスマス、鉛
	6	ビスマス、テルル
	7	ビスマス、タングステン、テルル
	8	ビスマス、タングステン、鉛
	9	ビスマス、鉛
	10	ビスマス、鉛
	11	ビスマス、テルル
	12	ビスマス
	13	ビスマス、タングステン、トリウム
	14	ビスマス、タングステン、ヒ素
	15	ビスマス、タングステン、ヒ素
	16	ビスマス
	17	ビスマス、鉛、テルル
	18	ビスマス、タングステン、ヒ素
露金		（鉄）

おわりに

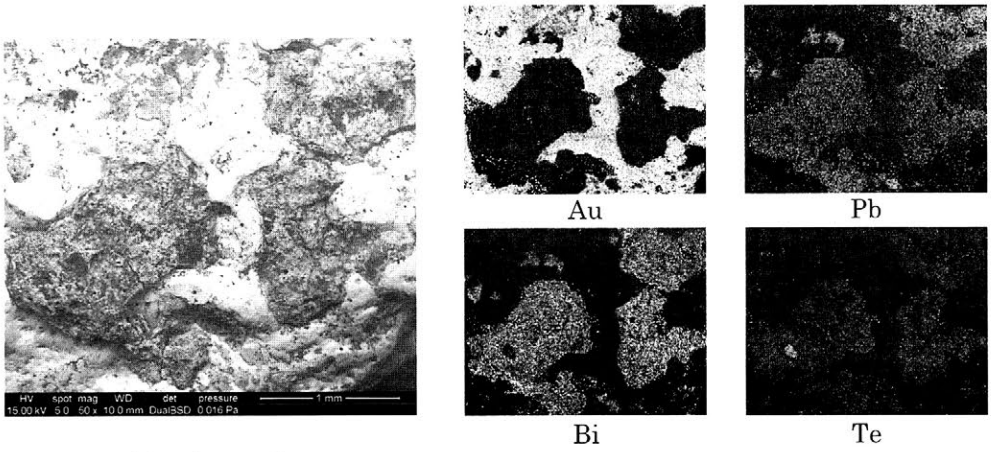
今回、金貨に付着する不純物の分析からみえる生産技術について報告した。中世日本において、金の入手経路が砂金から山金に変わる過程を実物資料から確認したことは、非常に貴重な事例と考えられる。今後、他地域の同様な事例があれば、比較検討の材料として重要であり、事例を増やすことで日本における生産技術の変遷がみえると考えられる。

最後に本研究は、報告者が山梨県立博物館に保存科学の学芸員として在籍時の成果である。本発表をご許可くださった山梨県立博物館に、お礼申し上げます。

参考文献

a) 山梨県立博物館 調査・研究報告5（2011）『甲斐金山における生産技術に関する自然科学的研究』
b) 「黄金の国々」展実行委員会（2012）『黄金の国々 –甲斐の金山と越後・佐渡の金銀山』展示図録

本研究は、日本学術振興会科学研究費・基盤研究(C)「生産関連遺物への科学調査による中世末から近世初頭における非鉄金属製錬技術の解明」（課題番号：26350385）の一部である



(a)反射電子像　(b)EDXマッピング像

図1. 碁石金資料17裏面のSEM-EDX分析結果

携帯型蛍光X線分析装置による徳川ミュージアム所蔵野田清堯製火縄銃の調査報告ー用いられている装飾金属についてー

Scientific research of ornamental metals of Japanese matchlock guns fabricated by Noda Kiyotaka owned by the Tokugawa Museum by portable XRF

○田中眞奈子[1]・徳川眞木[2]・村上夏希[3]・佐藤香子[4]・瀬田愛子[5]・二宮修治[3]
(1 東京藝術大学、2 徳川ミュージアム、3 東京学芸大学、4 元東京国立博物館、5 埼玉県立白岡高等学校)

はじめに

火縄銃は室町時代後期に日本に伝来し、明治時代に入るまで国内で製造された主要な文化財である。発表者らはこれまで、江戸時代の銃の銃身に用いられた鉄鋼原料の由来、銃身の製造方法、表面処理の有無および腐食挙動などを明らかにすることを目的に火縄銃の金属組織学的研究を行ってきた。今回新たに、徳川ミュージアム所蔵の大変貴重な野田清堯製火縄銃５挺について非破壊分析を行う機会を得た。野田清堯は徳川家康の御用鍛冶として有名で、晩年は刀鍛冶に転じるなど鉄砲職人としては異色の存在である。野田清堯製と明らかな鉄砲は16挺しか現存していない。また、野田清堯は献上先によって「日本清堯」、「清堯」、「野田善清堯」の３種類の銘を使い分けていたことが知られている。具体的には、「日本清堯」は家康の愛用筒、「清堯」は家康以外の徳川一族の持筒、「野田善清堯」は神社の奉納品と言われている。本発表では、銘の異なる野田清堯製火縄銃５挺に施されている象嵌および火鉄、引き金、火蓋といった金具に用いられている装飾金属の組成分析結果について報告する。

本研究は、野田清堯製の貴重な火縄銃を科学的に分析する初めての事例であり、銃に用いられている装飾金属を分析することで、その材料面での特徴を明らかにすることを目的としている。また、それらの材料が用いられていた理由を考察することで、日本の銃の芸術性を含めた全体像を明らかにすることも目的としている。

分析方法

徳川ミュージアム所蔵の野田清堯製の火縄銃計５挺（「日本清堯」銘の銃２挺、「清堯」銘の銃２挺および「野田善清堯」銘の銃１挺）の通常光及び赤外線写真撮影による構造の確認後、携帯型蛍光X線分析装置による非接触での元素分析を行った。

[使用した携帯型蛍光X線分析装置] SII ナノテクノロジー社製 SEA200 (X線管球 Rh、測定時間 100sec、コリメーター2mmφ) および Thermo Fisher Scientific 社製 Thermo-NITON XL3t-900S-M (X線管球 Ag、Mining Mode Cu/Zn 、４段階の光学フィルター交換機構 Main Range、Low Range、High Range、Light Range により対象元素を切り替えて測定、測定時間各 Range 25sec、計 100sec、コリメーター3mmφ)

分析結果の概要

５挺の銃の携帯型蛍光X線分析結果を表１に示す。

(1) 「日本清堯」銘の火縄銃（図１）２挺を分析した結果、いずれの銃も、三葉葵紋をはじめとした象嵌には Au が用いられていることが明らかになった。火鉄と引き金には１挺は Cu-Sn 合金が、もう１挺には Cu-Ag 合金と Cu-Ag-Zn 合金が用いられていた。一方、火蓋にはいずれも Cu-Zn 合金が用いられていた。

(2) 「清堯」銘の銃２挺を分析した結果、三葉葵紋の象嵌には Au が、文字象嵌には Au や Ag が用いられていることが判明した。引き金、火蓋、火鉄および目当には Cu-Zn 合金が用いられていた。

(3) 「野田善清堯」銘の銃１挺を分析した結果、紋の象嵌には Au が、火鉄と引き金には Cu-Zn 合金が用いられていることが明らかになった。

まとめ

徳川ミュージアム所蔵の野田清堯製の火縄銃計５挺に用いられている装飾金属の組成を非破壊で分析し、用いられている材料を明らかにした。分析の結果、いずれの銃も紋の象嵌には金が、文字象嵌には金と銀が用いられていることが明らかになった。一方、引き金、火蓋、火鋏などの金具においては、「清堯」銘及び「野田善清堯」銘の銃にはCu-Zu合金の黄銅が用いられていたが、「日本清堯」銘の銃にはCu-Sn合金やCu-Ag合金などが用いられていた。文献および発表者による先行研究により、火縄銃の金具には適度なバネ性と加工性、装飾性のあるCu-Zu合金の黄銅が用いられることが多いことがわかっていたが、本分析を通して、徳川家康の愛用筒と言われる「日本清堯」銘の火縄銃の火鋏や引き金には、Cu-Sn合金の青銅やCu-Ag合金の四分一といった通常とは異なる材料が用いられていることがわかった。野田清堯製の火縄銃の献上先による３種類の銘の使い分けと材料学的な関係が明らかにされたことは、極めて重要な知見である。本研究は、日本の火縄銃の芸術性を含めた全体像を明らかにするための一事例としても今後の参考になると考えられる。

表１　５挺の銃の蛍光Ｘ線分析結果

分析した銃	分析箇所	検出された主要元素
「日本清堯」銘の火縄銃１	花房櫂紋（象嵌）	Au
	三葉葵紋（象嵌）	Au
	火鋏	Cu, Sn
	引き金	Cu, Sn
	火蓋	Cu, Zn
「日本清堯」銘の火縄銃２	三葉葵紋（象嵌）	Au
	花房鋤紋（象嵌）	Au
	火鋏	Cu, Ag
	引き金	Cu, Ag, Zn
	火蓋	Cu, Zn
「清堯」銘の火縄銃１	三葉葵紋（象嵌）	Au
	文字（「付」の字）の象嵌	Ag
	文字（「表」の字）の象嵌	Au
	引き金	Cu, Zn
	火蓋	Cu, Zn
「清堯」銘の火縄銃２	文字（「も」の字）の象嵌	Ag
	文字（「べ」の字）の象嵌	Au
	火鋏	Cu, Zn
	引き金	Cu, Zn
	目当	Cu, Zn
「野田善清堯」銘の火縄銃	紋（象嵌）	Au
	火鋏	Cu, Zn
	引き金	Cu, Zn

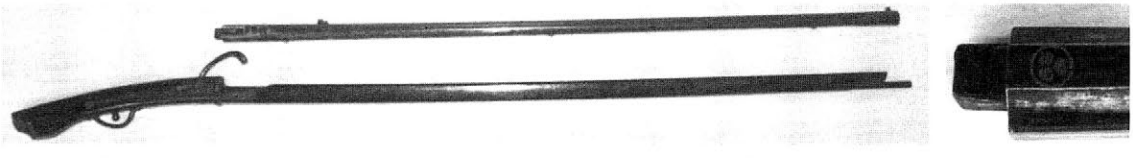


図１　徳川ミュージアム所蔵　野田清堯製の火縄銃の代表例（左：「日本清堯」の銘が切られている火縄銃（全長141.1cm、銃身長106.5cm、口径1.3cm）、右：銃身に施されている三葉葵紋の象嵌）

薬師寺東塔に使用された塗装材料の分析

Analysis of the painting materials used in east pagoda of *yakushi-ji* temple

○　金旻貞(九州歴史資料館)、赤田昌倫(奈良文化財研究所)、高妻洋成(同左)、鈴木智大(同左)、馬場宏道(奈良県教育委員会)

○　Kim minjung (kyushu historical museum), Masanori Akada, Yohse Kohdzuma, Tomohiro Suzuki (Nara national research institute for cultural properties) , Hiromichi Baba (Nara city broad of education)

1.　はじめに

薬師寺東塔は薬師寺に現存する建築のうち、その意匠を奈良時代(天平年間)に唯一遡ることができる文化財建造物である。奈良文化財研究所埋蔵文化財センター保存修復科学研究室では2012年から奈良県と共同で、解体修理にともなう東塔に残る塗装材料の調査研究をおこなっている。今回の調査研究では薬師寺東塔における時代ごとの塗装材料および膠、油、漆などの展色剤の材質調査、それから各層構造の塗装調査から塗装技法に関する知見を得ることを目的とした。東塔における塗装に関する情報は修理履歴を明らかにするとともに、今後の修理方針にも深くかかわるものである。

2.　分析試料と分析方法

各層各方角面の外装塗装のうち、一層目の裳階から26点、二層目腰組から32点、二層目の裳階から17点、三層目の腰組から25点、三層目の裳階から28点の試料を、それぞれ選別的に採取し、実験室にて分析をおこなった。採取箇所は、肉眼観察で比較的残りが良い部位や、部材との関連性が高いと思われる部位を中心としている。薬師寺東塔外装塗装材料は赤色～黄色の色料がほとんどである。これらは、肉眼観察から、赤みが強いもの、黄色みが強いもの、ならびにその中間色を示すものに大別される。ただし、中間色については色調が部材によって異なることが多く、明確な区別ができなかった。そこで、色情報を得るために可視分光分析をおこなった。また、色料粒子の形状の観察には光学顕微鏡と走査型電子顕微鏡を使用した。次に色料の材料調査のために蛍光X線分析とX線回折分析を、その他、膠着剤の調査に赤外分光分析をおこなった。ここでは初層裳階(1F)の北面(N)から資料番号1F-N3, 1F-N 4と1F-N5, 1F-N 6に関して結果報告する。

3.　結果と考察

蛍光X線分析　赤色試料については主として鉄が、その他の元素としてケイ素、硫黄などが検出された。また、一部の試料からは鉛が検出された。図1は試料番号1F-N3およびN4と、1F-N5およびN6における採取位置の画像である。それぞれ同一の部材であるが、後補材である1F-N3と1F-N5からは鉛が検出され、1F-N4と1F-N6からは検出されなかった。このことから鉛が検出される部材は比較的新しい時代の部材であることが明らかとなった。黄色試料や赤色と黄色の中間色の試料の一部からは主として鉄とカルシウムが、その他の元素としてケイ素、硫黄などが検出された。鉄とカルシウムの強度は試料によって大きく異なる結果が得られた。

顕微鏡観察　図2に1F-N5と1F-N6の色料粒子の写真を示す。各種顕微鏡による観察をおこなった。その結果、どちらも共通した粒子形をしたもの

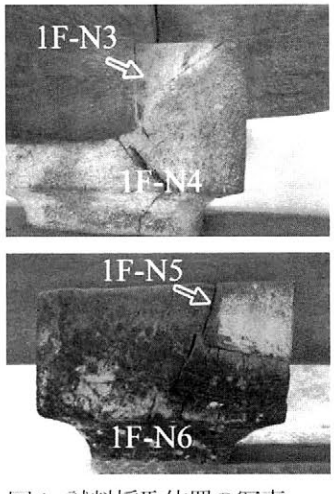


図1　試料採取位置の写真

が多いことがわかった。

X線回折分析 図3に1F-N5と1F-N6のX線回折スペクトルを示す。1F-N5からは硫酸アルミニウムアンモニウムの12水和物、二酸化ケイ素、硫酸鉛、硫酸鉄が検出された。1F-N6からは同じく硫酸アルミニウムアンモニウムの12水和物、二酸化ケイ素、硫酸鉄が検出された。黄色試料や赤色と黄色の中間色の試料の一部からは硫酸カルシウムと二酸化ケイ素が検出された。

可視分光分析 1F-N5と1F-N6は非常に類似したスペクトルパターンを示した。これらのスペクトルは高波長側に酸化鉄系赤色顔料の特徴が現れたが、700 Nm～950 Nmの波長範囲でのピークパターン(凹凸凹のピーク)の変動幅は低く、比較用の色料の分光データのうち赤色土壌(安山岩の風化土)に最も近いという結果が得られた。黄色試料や赤色と黄色の中間色の試料の一部からも同様のスペクトルが得られた。

薄層切片 1F-N6には赤色粒子の他に、石英、斜長石、アルカリ長石が多く見られ、酸化鉄系顔料の中でも土系材料が用いられていることを確認することができた。以上のことから、1F-N6は酸化鉄系赤色顔料による塗装がなされていたと考えられる。

赤外分光分析 赤外分光分析の結果からは赤色、黄色、中間色のいずれからも膠着剤に関連するスペクトルは得られなかった。赤色については粘土鉱物に酷似したスペクトルが、黄色試料や赤色と黄色の中間色の試料の一部からは硫酸カルシウムに酷似したスペクトルが得られた。

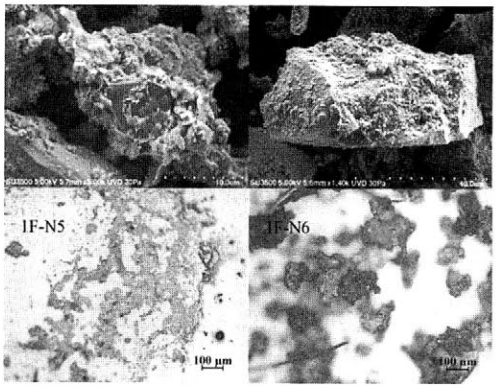


図2　1F-N5,1F-N 6の色料粒子の写真
(上段:電子顕微鏡　下段:光学顕微鏡)

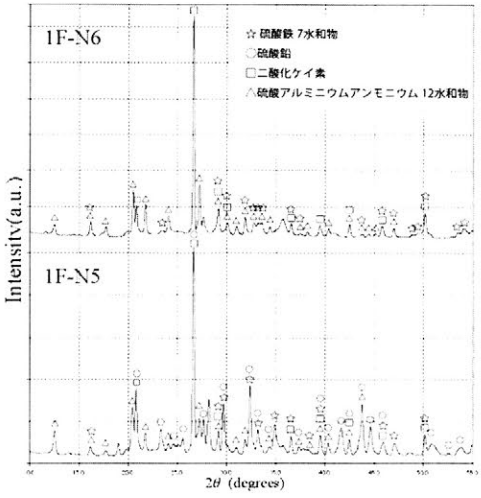


図3　1F-N5と1F-N6のX線回折チャート

4　まとめ

薬師寺東塔の外装塗装にもちいられた色料について複数の分析調査をおこなった。その結果、赤色色料では、①硫酸鉄の7水和物を検出するもの、①硫酸鉄の7水和物と鉛を検出するもの、③赤鉄鉱を強く検出するものに分けることができた。ただし、③赤鉄鉱が検出された試料は数点のみで、多くの試料で硫酸鉄と硫酸アルミニウムアンモニウムの12水化物が検出された。

黄色または赤色と黄色との中間色の色料では色調の違いによる分析結果の差は確認できなかった。結果としては、ほぼ全ての試料で鉄が強く検出され、④鉄よりもカルシウム(石膏)を強く検出するもの、⑤カルシウムを鉄よりも強く検出するものに区別することができた。これらのことから、色料としては黄土と、赤土(丹土)、丹朱(鉛丹と赤土)の使用が考えられた。

今回の薬師寺東塔の調査から、修理をおこなうための重要な知見と、薬師寺東塔の文化財建造物としての意匠に繋がる結果が得られたと考えている。今後は部材年代との関連性を検証し、より詳細な東塔の彩色に関する検討をおこなう予定である。

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助事業　研究課題番号：26750103の成果である。

縄文時代の漆塗腕輪に関する基礎的研究（２）

The studies on lacquered bracelets of the Jomon period（２）

○田口　尚（(公財)北海道埋蔵文化財センター）、菅原いよ（　同　）、
長町章弘（恵庭市郷土資料館）、鈴木将太（　同　）

１　出土縄文時代漆器の概略

北海道の縄文時代における出土漆塗製品は、早期では函館市垣ノ島遺跡から出土したベンガラ漆塗の糸状製品がもっとも古く位置づけられている。縄文時代前期ではベンガラを使用した漆塗の帯状糸製品が道東の標津町伊茶仁チシネ遺跡や道央部の恵庭市西島松３遺跡から出土している。中期では石狩市紅葉山 49 号遺跡の木胎漆器片がある。後期中葉では小樽市忍路土場遺跡の漆塗竪櫛が特徴的であり、ベンガラ漆と朱漆が併存し、生漆やクロメ漆の塗り重ねによる黒色系漆塗櫛が出土している。漆工の存在を物語るウルシ液を貯蔵した土器や樹皮製容器も残されていた。しかし、現在のところ縄文時代のウルシノキは、函館市臼尻小学校遺跡から出土した炭化種子のみであり、明確な存在をまだ確認できていない。北海道出土漆器は縄文時代後期後葉から晩期前葉にピークがある。恵庭市カリンバ３遺跡では、合葬墓内からベンガラ漆や朱漆で飾られた多量の透彫のある竪櫛、腕輪や腰紐など各種漆器が多量に出土している。千歳市美々４遺跡やひだか町御殿山遺跡でも同様の漆器群が見られ、後期末葉から晩期前葉では、ベンガラ漆を下地に朱を塗り重ねたものなども見られる。これ以降は朱を使用した漆塗製品の出土は見られなくなる。道央部の石狩低地帯では重要文化財となっている恵庭市カリンバ遺跡をはじめ、同西島松５遺跡、晩期では千歳市美々４遺跡、同メボシ川遺跡、苫小牧市美沢１遺跡などが良く知られ、腕輪や環状製品と呼ばれるものが多量の櫛とともに出土している。赤色漆塗と黒色系漆塗の腕輪が１セットとして出土する例もあり、合葬墓内に赤色と黒色が複数個が副葬される場合も少なくない。日本海側では、石狩市志美第４遺跡や余市町沢町遺跡(図１)から状態の良い腕輪が出土している。厚真町朝日遺跡では人骨の前腕と上腕に赤色漆塗の腕輪が装着された状態で発見されており、重なって出土した状況や直径の大小による区別の必要性が指摘されている。

２　調査と分析結果の概略

漆塗製品のうち、櫛については、これまでに多くの分析報告例があるが、腕輪や環状製品の構造や材質調査、塗膜分析例は少なく、製作技法や胎についても不明な点が多い。

本研究では、漆塗腕輪や漆塗環状製品の基礎的研究を実施するにあたり、これまで道内から出土した腕輪とされる資料について再検討を実施している。また、調査の進捗とともに腕輪についても、前腕・手首に装着されるバングル［bangl］または ブレスレット[Brecelet]と呼ばれるものがある。留め金の無いものがバングルと定義されており、出土品の多くはバングルと呼ぶことができる。また、装着部位による分類からは、上腕に装着されるものを アームレット[Armlet]

と呼んでいる。しかし、平面的な出土位置や出土状況からは種別の判断が難しく、足首に装着するアンクレット［anklet］、イアリング［earring］あるいは大型の耳栓状の凹加工が施されたものもある。また、頭部の髪飾りや冠状のサークレット［circlet］と思しきものも数点出土している。したがって、現状では出土状況等からの検討が困難なものや全体形状の不明瞭なものについて、漆塗環状製品として整理し、再度細分する必要性を感じている。

本稿では縄文時代後期末葉の西島松５遺跡 P486 から出土した環状漆塗製品（図 3.4）の構造、材質、塗膜分析の概略を述べる。分析には剥落した塗膜片を使用した。試料は光学顕微鏡（Nikon SMZ-10, ECLIPSE50i）やＶＨＸ1000（KEYENCE）で観察後、エポキシ樹脂で包埋し、耐水ペーパーとエメリー紙を用いて研磨し、プレパラートとした。細部は走査電子顕微鏡（日本電子 JSM-5600LV）と、EDS（JED-2200）により観察し、漆塗膜構造や顔料について分析を実施した。

試料は墓壙中央部から緑泥石岩製やコハク製の玉 73 点ともに出土した御殿山式期のものである。出土状況から頭部に装着されていた髪飾りの可能性が指摘されている。構造は植物質の芯材に幅２cm前後の幅広で薄い樹皮を螺旋状に巻きつけている。芯材はすでに腐食し、中空となっており、全体が土圧により押しつぶれている。構造は芯材を木屎系漆で固定したのち、ベンガラ漆を粗く２～３層塗り重ねている。二つの円形突起部分は塑形剤と思われる黒褐色粘土様の物質（粘土と木屎系漆？）で整形されており、完全な中空状態ではない。表面の塗膜構造はベンガラ漆の上に朱漆が塗り重ねられている。

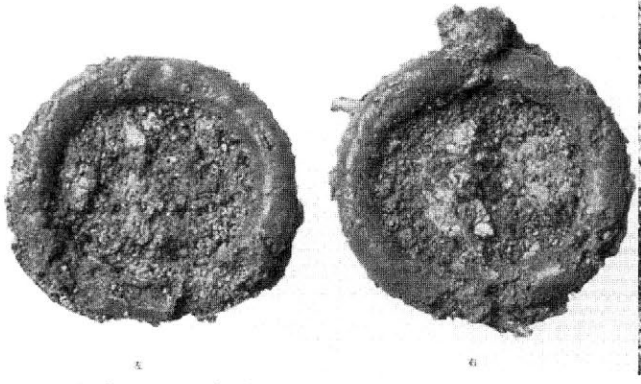


図１余市町沢町遺跡

図２余市町沢町遺跡 GP62 出土状況

図３　恵庭市西島松５遺跡　P486

図４　恵庭市西島松５遺跡　P486　突起

中岳山麓窯跡産須恵器の生産過程と産地同定に関する鉱物学的分析

Mineralogical analyses on production process and provenance study of Sue-ware from the Nakadake-sanroku kilns site

○中村直子（鹿児島大学）・Radegund HOFFBAUER（ボン大学）・ Johannes STERBA（ウィーン工科大学）・ Michael RAITH（ボン大学）・篠藤マリア（ハイデルベルグ大学）・
鐘ヶ江賢二・大西智和（鹿児島国際大学）

1　はじめに

自然科学的分析を用いた胎土研究の場合，産地同定が主流であるが，ヨーロッパでは，複数の分析手法を用いて，素地や焼成温度，スリップなと土器製作の各技法についても多角的な解析が行われている。本グループでは近年，鹿児島県南さつま市に所在する古代南限の須恵器窯跡群である「中岳山麓窯跡群」の調査を実施し，考古学的検討の他に複数の自然科学的分析を複合的に用いる事によって，須恵器の生産過程や流通について解明する事を目指している。

本研究では，蛍光X線分析とともに，日本では1970年代に欧米から導入されながら分析例の少なかった中性子放射化分析（NAA）を改めて応用し，産地同定に有効な「化学的指紋」を得ることを目的としてる。また，須恵器片の他に，発掘調査で得られた窯体片とその周辺の土や中岳山麓窯跡群に隣接する遺跡出土の古代土師器との比較を行う事によって，須恵器素地や窯体に使用された粘土の採取地の問題について，また，電子線アナライザー等を用いた胎土の詳細な観察による焼成温度の解明など，生産過程についての検討も目的としている。

2　資料と分析の方法

扱った資料は，中岳山麓窯跡群出土の須恵器片（24点），窯体片（7点），窯跡周辺の土（3点），南さつま市芝原遺跡出土古代土師器片（8点），種子島松原遺跡出土須恵器（5点），喜界島城久遺跡群出土須恵器（6点），徳之島川嶺辻遺跡出土須恵器（5点），徳之島中組遺跡出土須恵器（2点）である。

中岳山麓窯跡群の須恵器については，胎土の肉眼観察によって，大きく3つのグループに分類した。グループ1は軟質で土師質に近いものである。グループ2は，硬質で全体的に灰色を呈するが，表面は赤褐色を呈するものである。グループ3は，硬質だが，砂粒がグループ2より多く認められ，少し砂っぽい質感を呈しているものも含まれる。

分析は以下の目的別に選択したため，すべての分析方法をすべてのサンプルに実施したものではない。

① 化学的構成：蛍光X線分析（XRF），中性子放射化分析（NAA）
② 破片のマトリックス（微粒子以下）と混和材の鉱物学的構造と構成
　透過顕微鏡・電子線アナライザー（EPMA）による観察・後方散乱電子解析
③ 破片などのサンプルの総合的鉱物構成
　X線回析（XRD）・リートフェルト法粉末構造解析

3　分析結果と課題

中岳山麓窯跡群の須恵器は化学的構成から3つのグループに分類できた（表1）。しかし，肉眼観察によって分類したグループ1～3とは整合的ではなく，化学的構成による差違が何に起因しているかは今後の課題である。近隣の芝原遺跡出土土師器はこれらに類似する構成を持っているものが含まれるため，両者の粘土採掘場所は近くだが，混和材や粘土の仕上げ方など素地作りにおける両者の違いが反映されている可能性がある。また，窯体片の化学的性質も類似している。なお，徳之島川嶺辻遺跡出土須恵器の中に，中岳産須恵器と同じ特徴（表1 a）を持つものがあり，産地同定の手段として非常に有効であると思われる。

一方，鉱物構成や構造の違いでは，グループ1～3と整合的な結果が出た。鉱物学的観察におけるガラス化の状況，カリ長石片の融解状況，斜長石の反応縁や石英の熱ストレスの状況，ムライトやスピネルの有無は平行して同じ結果を物語っている。これらは，焼成温度に関連する現象であり，グループ1～3の違いは，焼成温度の違いが反映されていると考えられる。グループ1は900℃を著しく超えない焼成温度が想定され，土師器の焼成温度と著しくかわらないと思われる。グループ2は逆に，ある程度の時間，1150℃以上の温度で焼成されたと推定される。グループ3はグループ1と重ならないが，焼成温度を示す要素の下限と上限の間に幅広く分布しており，グループ2ほどはっきりとした形跡を残していない。同じ窯内でも温度差が生じる可能性もあり，焼成状況の解明のため，窯壁も同様な分析を実施していく必要があるだろう。

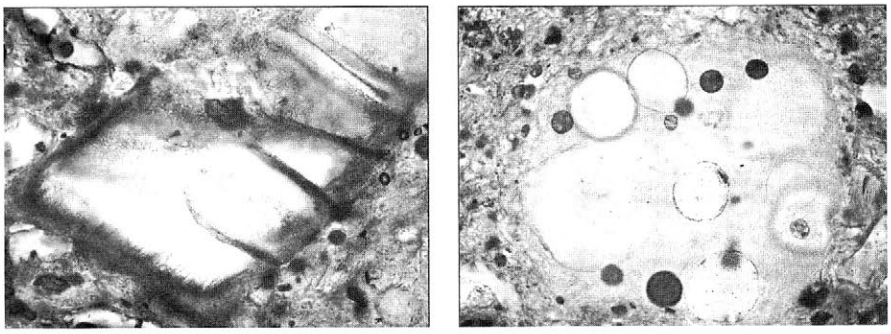


写真1　高い焼成温度を示す例（サンプルA19）　写真幅：0.28mm
斜長石片とその反応縁（ガラス相・ムライト？）（左），完全融解したカリ長石片（ガラス相・ムライト）

表1　NAAによる分類グループと種類別資料数

		南さつま市（薩摩半島西部）					徳之島	孤立
		a	b	c	d	e	f	
須恵器	中岳山麓	7	6	5				4
土師器	中岳山麓付近				2			3
窯壁	中岳山麓					2		2
土塊	中岳山麓							2
須恵器	徳之島川嶺辻	1					2	2

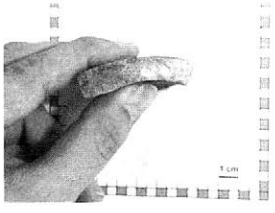


写真2　NAAに使用した資料
（断面丸いくぼみ部分をサンプリング）

本研究はJSPS科研費　挑戦的萌芽研究課題番号25508170「南九州の古代須恵器に関する学際的研究 - その生産技術の導入と展開 - 」（代表者：中村直子）の助成を受けた。

遼代墳墓から出土した可能性があるウランを含むガラス小玉
The glass bead, including uranium excavated from a tomb of Liao-period.

○魚島　純一　（奈良大学）

某博物館が所蔵する資料の整理作業を進める中で、中国・遼代の墳墓から出土したと考えられる資料に混じって122点のガラス小玉が見つかった。

奈良大学保存科学研究室では、このガラス小玉の位置づけを明らかにする目的で、蛍光X線分析による材質分析調査のほかさまざまな調査をおこなった。

その結果、1点のガラス小玉からウラン（U）が検出され、いわゆる“ウランガラス”であることがわかった。

本発表では、速報としてそのようなガラス小玉の存在を報告し、ガラス研究者をはじめ多くの方々にご意見をいただきたい。

1．ガラス小玉の概要

ガラス小玉の一群は、外径が3.88mm～7.44mm、高さが2.75mm～7.08mmの122点で、保管状況から考えて一括資料である可能性が高い。外径が4.70mm～5.50mmのものが107点（88%）あり、色調は黄、紫、白、緑色のものが大半を占め、あわせて110点（90%）ある。

ウランが検出されたガラス小玉はそのうちの1点で、大半を占めるグループとほぼ同じ大きさで、外径が5.50mm、高さが5.37mmであるが、色調は淡黄緑色で異質である。

他にも、黒色や青色、透明など大半を占めるものとは大きさが若干異なったり、色調も違うグループに分類できるものが存在する。

2．調査方法

ガラス小玉の材質分析は、奈良大学に設置されたエネルギー分散型蛍光X線分析装置（EDAX社製Eagle XXL）を用いて非破壊の定性分析によりおこなった。測定条件は、管電圧：40kV、管電流：500μA、照射径：100μm、測定雰囲気：真空、測定時間：200秒、X線管はクロム（Cr）である。

また、波長375μmの紫外線を発する発光ダイオードを用いて蛍光の有無を確認した。

3．調査結果

図1にウランを含むガラス小玉の蛍光X線分析の結果を示す。また、図2に紫外線を照射した際に蛍光を発する状況を示す。紫外線により蛍光を発するのはウランガラスの大きな特徴である。

これらの結果から、このガラス小玉はいわゆる“ウランガラス”であると考えられる。

4．考察と課題

今回発見されたウランを含むガラス小玉は、一括で保管されていた他の資料の状況などから考えて、1930年または1933年に内モンゴルのワールマンハ周辺で採集された10

～12 世紀に栄えた遼の遺物である可能性がある。

一方で、ウランガラスは、19 世紀の半ば（1830 年代）にボヘミア（現在のチェコ周辺）で製造されるようになったもので、それまでは意図的にウランを混ぜて製造したガラスはなかったと考えられている。

残念なことに、ガラス小玉には資料の来歴を記したいわゆるラベルが存在しないため、確実なことが言えないが、もしこのガラス小玉が、10～12 世紀、あるいはそれ以前につくられて遼代の墳墓に副葬されたものであるとすれば、これまで考えられているウランガラスの起源を見直す必要がある。今後、同様のガラス製品が見つかる可能性もあり、ガラスを調査する機会をお持ちの方々にこの場を借りて情報を提供しておきたい。

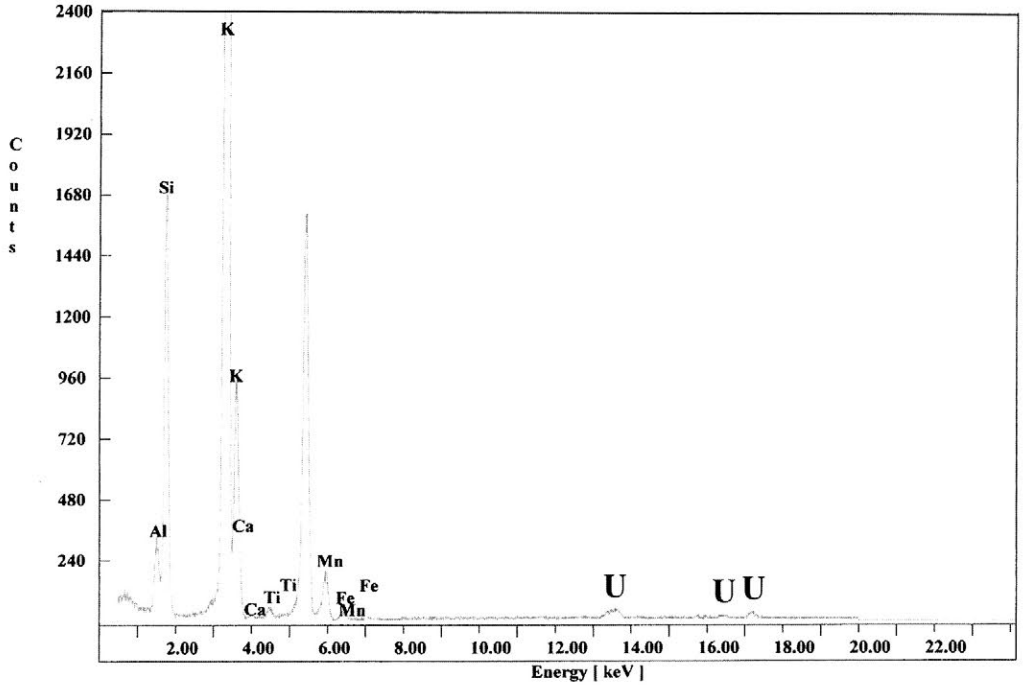


図 1　ウランを含むガラス小玉の蛍光 X 線分析結果（部分拡大）

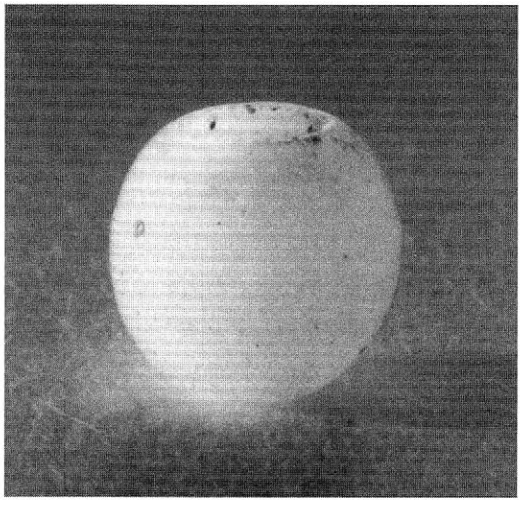


図 2　紫外線を照射して蛍光を発するようす（紫外線の波長は 375 μm）

人形からくりにおける鯨ばね利用文化の保存

Preservation of cultural use of baleen as plate springs in karakuri dolls

○ 白石愛（奈良大学大学院）
○ Shiraishi Manami （Graduate school of Nara university）

1. はじめに

金属加工技術の発達が遅かった日本では、加工が容易な鯨のヒゲ板がばね材として採用された。特に、セミクジラのヒゲ板は適度な柔軟性がからくり人形の機構に最適とされ、浄瑠璃人形や座敷からくり、山車からくりなど様々な種類のからくり人形に用いられた。しかし、鯨ヒゲから作り出された鯨ばねへの科学的検証は十分には行われてこなかった。その為、セミクジラの個体数減少によりヒゲ板の入手が困難となり、代替品の模索が急務とされる現在でも、人形からくりの部品としてのばねの機能の優劣を判断する基準は、実質、人形師の長年の勘のみである。

本研究は、セミクジラのヒゲ板を利用するという、日本独自の人形からくり文化を科学的に検証・記録するとともに、動く人形文化を保存するため、よりよい代替ばねの手掛かりを得ることを目的としている。

本報告では、鯨のヒゲ板および鯨ばねの構造を理解するため、樹脂包埋による断面観察を行い、鯨ばねの柔軟性に対しての考察を行った結果を報告する。また、鯨ばねが使用されるからくり人形には様々な種類が存在するが、今回は浄瑠璃人形に使用される鯨ばねに関して述べていく。浄瑠璃人形では、主に“かしら”と呼ばれる頭から首にかけての部位や、目や口の開閉のための仕掛けに鯨ばねが使用されている。

2. 代替ばねの材質

現在筆者が確認している、浄瑠璃人形におけるセミクジラの代替品は、プラスチック、竹、金属、イワシクジラのヒゲ板、ナガスクジラのヒゲ板である。しかし、プラスチック、竹の２点については繊細な動作や長時間の動作を求められない土産物や、舞台直前の破損に対しての応急処置としての使用といった、本来の人形の動きが求められない場面での使用であるため、代替品とは言い難い。また、金属に関しても、人形に適した柔軟性を持たせる加工が困難であるというだけでなく、錆による操作不良が発生しやすいため、使用が見直されつつある。その為、代替品として現在も問題なく採用されているといえるものは、イワシクジラ及びナガスクジラのヒゲ板である。特にイワシクジラのヒゲ板に関しては、機械的性質としてもばねとして使用可能であるという実験も行われており[1]、セミクジラに近い性質を有していると考えることが出来る。

3. 実験試料と方法

今回は、浄瑠璃人形の代替ばねとして採用されているイワシクジラのヒゲ板とナガスクジラのヒゲ板、そして比較試料として、代替品として不適格であるとされているシロナガスクジラのヒゲ板、ニタリクジラのヒゲ板、ミンククジラのヒゲ板の断面観察を行った。また同時に、人形からくりにとって最適とされるセミクジラのヒゲ板も、少量ながら手に入ったため断面観察を試みた。それら結果から、ばねとしての性質の優劣が生まれる原因について考察を行った。また、入手したヒゲ板は、シロナガスクジラ、ナガスクジラのヒゲ板は昭和30年代、イワシクジラ、ニタリクジラ、ミンククジラのヒゲ板は2000年代以降に採取された。セミクジラのヒゲ板に関しては、採取年代は不明である。

これらの試料を、２液混合型エポキシ樹脂(ケミテック株式会社。主剤：EP-4500A、硬化剤：EH-4332)を用いて樹脂包埋し、オリンパスBH-2生物顕微鏡下で断面観察を行った。

4. 結果と考察

写真は全て×50で観察し、スケールは全て1mmを示す。

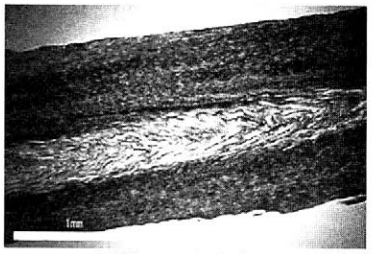


写真１　セミクジラ

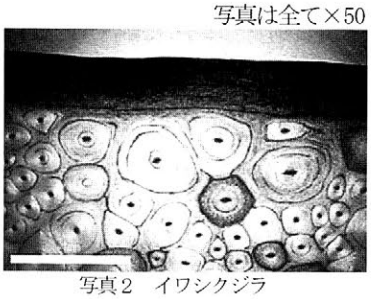


写真２　イワシクジラ

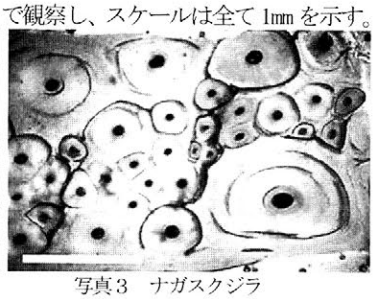


写真３　ナガスクジラ

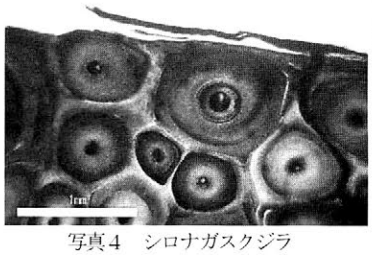


写真４　シロナガスクジラ

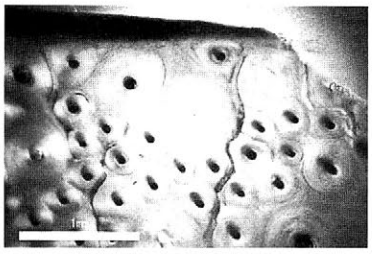


写真５　ニタリクジラ

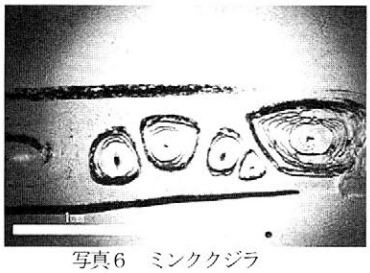


写真６　ミンククジラ

今回の観察は、鯨の口内にヒゲ板が存在する際の重力に対して水平方向、つまり円形細管の断面を観察することの出来る方向で断面観察を行った。その結果、円形細管の径のサイズの違いを確認することが出来た。また、ヒゲ板の内側と外側で構造が異なっていることも確認され、鯨のヒゲ板が無数の円形細管が板状のケラチンに挟みこまれることで構成されている事実[2]も確認することが出来た。しかし、セミクジラのヒゲ板に関しては円形細管を確認することが出来なかった。この点が、セミクジラのヒゲ板全般に当てはまるか他の鯨ヒゲに無い陶製であるか否かは、観察可能なセミクジラのヒゲ板が僅かである現段階では、見極めは困難である。

また、ヒゲ板の内側と外側で質感や構成に差が存在する事実は、金属やプラスチックといった全体が均質な人工物が生み出す柔軟性では、鯨ばねに代わることが出来ないという従来の説を裏付けるものであり、代替ばねの模索にとって重要な手がかりである。板バネは鯨のヒゲ板を２層に裂いて加工するが、その完成品のばねは、曲げる方向によって反発力に差があり、それが人形からくりに適していると言われる。この事実からも、硬質なケラチン層と柔軟性のある細管の高度の違いが、人形からくりのばねに必要な要素であると考えられる。

5. おわりに

今回は未加工のヒゲ板をサンプルとし、樹脂包埋による断面観察を行った。今後は、ヒゲ板だけでなく加工後の鯨ばねに対しても、断面観察を行っていく。また今回観察した断面の方向は重力に対して水平方向であったが、今後は他の方向に関しても観察し、更に鯨ヒゲの柔軟性に対して考察を行う予定である。そこから更にからくり人形に鯨ばねを使用する意義を確認するとともに、今後の代替ばねの模索の一助となるように努めたい。

【謝辞】この度の研究に対し、研究指導をして下さっている奈良大学西山要一教授、貴重な資料を提供して下さった木偶人形師の廿利祥一郎氏ならびに阿波木偶箱廻しを復活する会の辻本一英氏をはじめ、ご協力していただきました皆様に感謝の意をここに表します。

【参考文献】

1) 小玉正雄 ; 1989 ;「ばねのお話 (その1)」『設計・製図 Vol. 24　No. 6』; 日本設計工学会

2) D.J.ST.AUBIN, R.H.STINSON, J.R.GERACI ; 1984 ;「Aspects of the structure and composition of baleen, and some effects of exposure to petroleum hydrocarbons」『Canadian journal of zoology Vol.62』; National Research Council

出土樹皮紐の材質同定のための基礎研究
—現生サクラ属、カバノキ属樹皮組織の比較—

A fundamental study on identification of archaeological bark string remains
—Anatomical comparison of *Cerasus* and *Betula*—

○浦 蓉子（京都大学大学院）
Yoko Ura (Kyoto University)

1研究の目的

本報告は、現生サクラ属、カバノキ属の樹皮組織のプレパラート標本を作製することで、これまで研究の対象となってこなかった出土樹皮資料の材質同定へ向けて、データを蓄積することを目的としている。

樹皮は紐として、武器・容器・農具・工具・楽器・船など、弥生時代、古墳時代においてさまざまな道具に用いられていた。しかし、樹皮紐は樹皮利用の重要性の認識不足に加えて、「桜樺皮」、「樺皮」等の名称のために、サクラ樹皮とカバノキ樹皮とが混同されてきたこともあり、考古学の分析対象とはなってこなかった。近年、発表者はこれまで不鮮明であった樹皮紐の資源調達、加工工程を明らかにしており（浦 2014）、考古学分野において樹皮利用の実態が明らかとなりつつある。一方で、素材の認識については、他の木製品などに比べ材質同定が不十分であるなどの問題点がある。

日本において、紐として用いられる樹皮は、民俗事例や出土樹皮の皮目（ひもく）の形状から（図1）、そのほとんどはサクラ属の樹皮であると考えられる。しかし、樹皮の皮目が除去された資料について厳密にサクラ属の樹皮を用いていると判断するためには樹皮の組織学的な観察が必要となる。そこで、出土樹皮紐の材質同定の一つのアプローチとして、これまで混同されてきたサクラ属（桜）とカバノキ属（樺）の樹皮組織のプレパラートを作製することで、樹皮組織の観察による識別をめざす。その基礎作業として本報告を位置づけたい。

2試料と分析

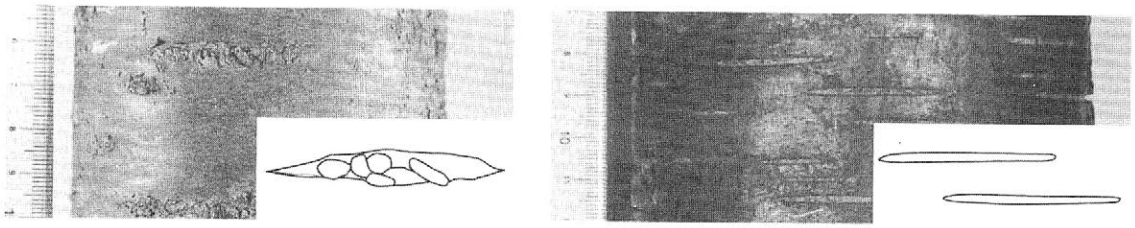
サクラ属サクラ亜属（ヤマザクラ、オオヤマザクラ、カスミザクラ）およびカバノキ属（シラカンバ、ウダイカンバ、ミズメ）の樹皮から、ミクロトームを用いて切片（30 μm）を切り出し、ガムクロラールで封入してプレパラートを作製した。光学顕微鏡（オリンパス BX51）を用いて組織観察を行った。

3分析と考察

サクラ亜属、カバノキ属の樹皮はともに層構造を持つが、とくにカバノキ属に層構造が顕著に認められる（図2）。シラカンバ、ウダイカンバ外樹皮は層ごとに、紙状に薄く剥げる性質があるが（貴島ほか 1962）、顕著な層構造はこの性質を示している。一方、サクラ亜属の樹皮では、層ごとの境は明瞭ではなく、外樹皮部分は層ごとに剥がれにくい。紐として用いる場合、厚さ0.1 mmほどの紙状に分離するカバノキ属の樹皮よりも、層状に分離しないサクラ亜属の樹皮の方が適していると考えられる。

今後は、出土樹皮紐の樹皮組織との比較を行うことで、出土樹皮紐のサクラ属とカバノキ属の樹皮の混同を解消することが可能となると考える。過去の樹皮利用の選択性が明らかになるなど、樹皮利用研究は今後深化していくと考えられる。

参考文献
浦 蓉子 2014「第XI章　樹皮製品」『八日市地方遺跡Ⅱ-小松駅東土地区画整理事業に係る埋蔵文化財発掘調査報告書-　第4部木器編』小松市教育委員会
貴島 恒夫・岡本省吾・林昭三 1962『原色木材大図鑑』保育社



現生のオオヤマザクラ樹皮と皮目　　現生のウダイカンバ樹皮と皮目

図1 サクラ属とカバノキ属の皮目
皮目とは、幹が呼吸するために設けられている一種の通気装置である。そのため、紐にする際には、この皮目部分を避けて（取り除いて）樹皮紐を作る。

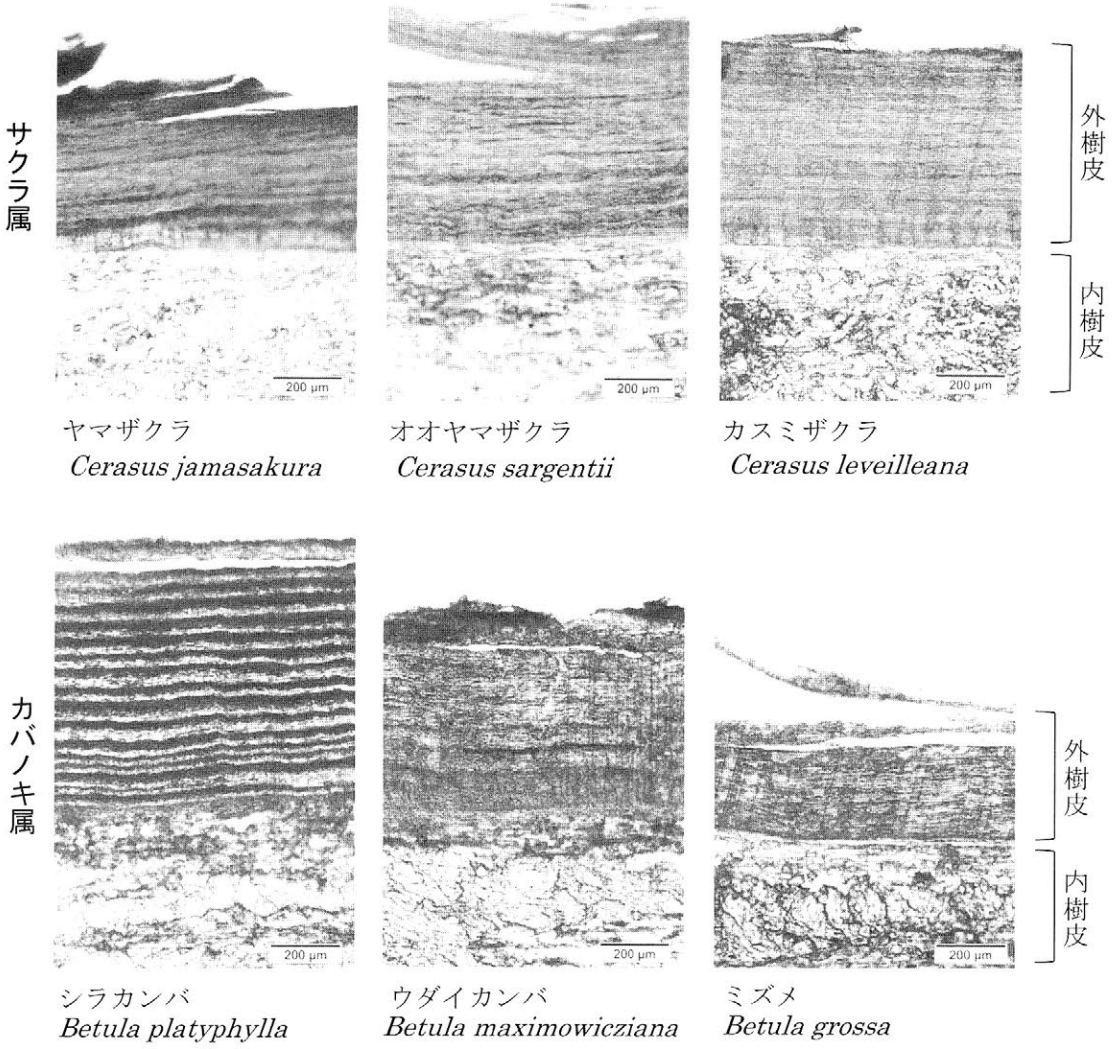


図2サクラ属とカバノキ属の樹皮組織

本研究は、平成25－26年度京都大学生存圏研究所材鑑調査室共同利用研究および、平成25－26年度高梨学術奨励基金による研究成果の一部です。研究を進めるにあたりご協力を賜りました、京都大学生存圏研究所杉山淳司教授、反町始氏、東洋羽毛（株）遠藤利恵博士に心からの感謝を申し上げます。

ホアジェム遺跡出土土器の胎土分析
—ベトナム中部甕棺墓の土器製作技術と交流—

Scientific analysis of pottery from Hoa Diem: Investigation for the technology of pottery production and interaction among another area in the Iron age Viet Nam.

○鐘ヶ江賢二[1]・棟上俊二[2]・山形真理子[3]・ブイ・チー・ホアン[4]

1）鹿児島国際大学 2）福岡教育大学 3）金沢大学 4）ベトナム南部社会科学院

1．はじめに

ホアジェム遺跡は、ベトナム中部のカインホア州カムラン市に位置する鉄器時代の甕棺墓地であり、発表者の山形とブイ・チー・ホアンが中心となり2007年と2010年に日本とベトナムの共同発掘調査が実施された。

従来から、ベトナム中部ではサーフィン文化が広く知られている。サーフィン文化は、甕棺墓による埋葬が発達した文化であり、長胴形あるいは卵形の形態の甕棺に帽子形の土器を蓋とし、縦に甕棺を設置した状態で遺体を埋葬する点に特徴づけられる。しかしながら、ホアジェム遺跡から発掘された甕棺は、球胴形の形態で、脚台付きの鉢を蓋とするものが多く、サーフィン文化の甕棺とは異なっている。また副葬土器も、在地のサーフィン文化とは異なり、むしろ形態や文様はフィリピンのカラナイ洞穴出土土器と類似していることが指摘されている。このことから、ホアジェム遺跡出土土器は、フィリピンとの交流によって生み出された可能性が考えられている。

ただし、こうした土器の形態や文様の類似性から遠隔地間交流を議論する際は、実際に土器を携えた集団が往来した結果ととらえられるのか、あるいは土器製作技術に関する情報の移動と理解されるべきかといった問題を明らかにする必要がある。そこで、土器の考古学的検討とともに理化学的分析を実施することが不可欠である。現段階では、フィリピン側のデータが得られておらず課題が残るが、ホアジェム遺跡出土土器を分析することができ、土器の製作技術や交流に関して一定の見通しが得られたため、報告することにしたい

2．分析方法

蛍光X線分析と偏光顕微鏡による岩石学的分析を実施した。蛍光X線分析は、福岡教育大学のリガク社製RIX-2000を使用した。X線強度から元素組成を算出する方法は、低希釈率（3倍）ガラスビードを用いた検量線法である。岩石学的分析は、岩石学的分析は、土器片の上下断面に沿って切断し、表面を研磨した後、熱硬化性エポキシ系接着剤（ペトロポキシ154）を用いてスライドグラスに接着させ、約0.03mmの厚さの薄片を作成した。作成した薄片に対して、偏光顕微鏡を用いて鉱物の組成や胎土組織などの観察を行った。

3．分析結果

蛍光X線分析の結果、甕棺の棺本体と蓋は、SiO_2とAl_2O_3の組成が異なる。顕微鏡で観察

すると、甕棺本体は大粒の砂粒子が少なく、植物に由来する繊維が多く含まれ、それ以外の部分はシルト～粘土質のマトリクスによって構成されるのに対し、蓋は石英や長石粒子が比較的目立ち、花崗岩質の粒子が主体をなす。供献された鉢のなかには、ほとんど大粒の粒子を含まず精良な組織をなすものもある。ただし、他の元素組成では器種による元素組成の違いが明瞭にみられないことから、棺本体と蓋の違いは、材料採取地の違いではなく混和材の技法の違いに由来する可能性がある。

また、Ca-K、Rb-Sr のように材料採取地をよく反映する元素の組成を検討すると、甕棺の本体は元素分布が大きくはずれるものがあり、異なる材質を用いた土器が一部含まれることが推測される。ただし、いずれも石英や長石、雲母をはじめとする花崗岩由来の鉱物組成を示している。副葬された鉢の中には、フィリピンのカラナイ洞穴との類似をうかがわせるものがあるが、化学組成および鉱物組成からフィリピンなど遠隔地から運び込まれたと明瞭に判断できる個体は検出できていない。

4. 考察と今後の展望

以上の分析から、ホアジェム遺跡出土土器は、器種間の間の混和材の差異を見出すことができ、植物繊維の混和など土器製作技術の特質を理解することができた。また、現状では元素組成から遠隔地からの土器の移動をうかがわせるデータは得られておらず、複数の生産地の土器が用いられている可能性はあるものの、大半は遺跡近辺で製作されたことが推測される。花崗岩質の粒子も、遺跡周辺の地質と整合的である。ただし今後フィリピン側のデータを含めて、分析を蓄積させることが必要であろう。

文献

YAMAGATA Mariko (ed.), 2012. *The Excavation of Hoa Diem in central Viet Nam*. Showa Women's University, Institute of International Culture, Bulletin Vol, 17.

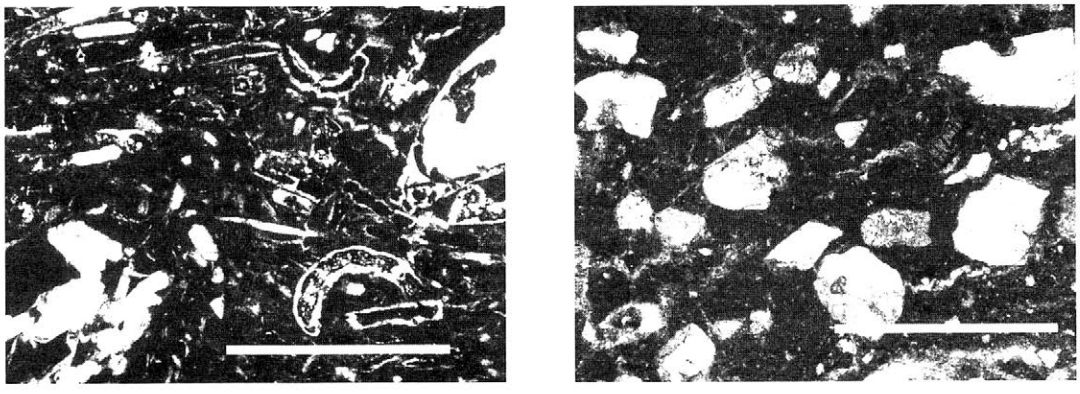


図 1 ホアジェム遺跡出土土器の偏光顕微鏡写真（開放ニコル、写真長片約 1.0mm）
左：9 号甕棺棺体 植物繊維を多く含む　右：2 号甕棺蓋 石英や長石粒子が多く、角閃石をわずかに含む

敦煌莫高窟第285窟に描かれたパルメット文様帯の彩色材料および技法

Colouring Materials and Technique of Palmetto motifs on the Wall Paintings in Mogao Cave 285

中田愛乃(京都市立芸術大学大学院), ○高林弘実(京都市立芸術大学), 崔強(敦煌研究院), 岡田健(東京文化財研究所)
NAKADA Akino(Kyoto City University of Arts), TAKABAYASHI Hiromi (Kyoto City University of Arts),
Cui Qiang (Duhuang Academy), OKADA Ken(National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

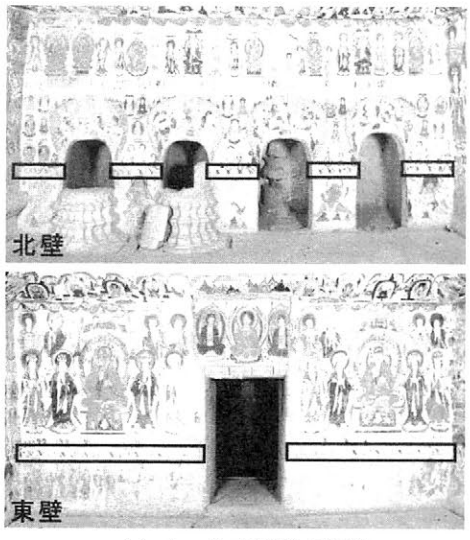
莫高窟は、甘粛省敦煌市に所在する仏教石窟遺跡である。本研究で対象とした第285窟は、西魏時代(西暦530年代後半)に造営された石窟であると推定されている。

本窟の壁面および天井に施された様々な壁画は、複数の制作者によって描かれたと考えられている。本研究では、壁画の制作者について考察する手がかりを得ることを目的として、第285窟の三壁に共通して描かれたモチーフであるパルメット文様帯について、材料および技法を調査し、その比較を行った。

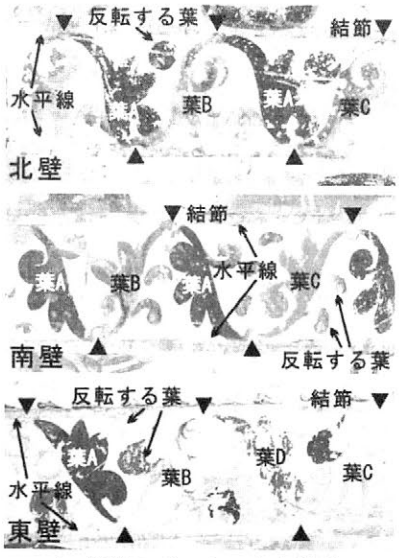
2. 研究対象および方法

本研究で対象としたのは、北壁・南壁・東壁の約100 cmの高さに共通して描かれたパルメット文様帯である(図-a)。北壁および南壁にそれぞれ5箇所、東壁に2箇所描かれている。文様帯の基本的な構成要素は、1)波状に連なる葉、2)葉の上下に引かれた水平線(本来は茎を表したと考えられる)、3)葉と茎の接点に描かれた半円状の結節(図-bに黒い三角形で示した箇所)、4)反転する葉の文様の四つである。

本研究では、(i)可視光下における肉眼観察、(ii)デジタル顕微鏡を用いた壁画表面の観察、(iii)蛍光X線分析装置(XRF)を用いた元素分析を行った。また、過去に撮影された紫外線照射写真も活用した。



a パルメット文様帯の位置



b 各壁のパルメット文様帯

図 第285窟のパルメット文様帯

2. 結果および考察

三壁のパルメット文様帯では、葉の上下に有る水平線の高さに、赤褐色の直線が水平方向に引かれていることが確認された。これは文様帯の領域を決めるための当たり線であると考えられる。葉の文様から下描き線は確認されなかった。それぞれの葉の先端と付け根が結節と接するように描かれていることから、水平線と結節を描いた後、結節を目印として下描きをせずに彩色が施されたと考えられる。

目視および非破壊分析の結果、パルメット文様帯の図像および彩色材料・技法は、同一壁面内で共通していることが確認された。葉の文様における調査結果を表1に示す。非破壊分析によって推定された彩色材料から、三壁ともに制作当初は赤色と緑・青色の葉が交互に配されていたことが明らかとなった。葉の彩色には、図-bおよび表1に示したA-Dの4種類が確認された。南北の壁ではA-Cの3種類、東壁ではA-Dの4種類が描かれている。南北の壁は同一の材料・技法を用いて描かれているが、東壁は他の二壁と異なることが明らかとなった。また、葉の彩色材料と先端の向きとの関係は壁ごとに異なることが確認された。反転する葉の文様では、文様の数および配置が各壁で異なることが確認された(表2)。

水平線および結節では、三壁ともにXRFでAsが検出されたことから、いずれも彩色に石黄が使用されたと推定される。現在は灰色であるが、完成当初は黄色を呈していたと考えられる。南北の壁では、水平線を縁取るように引かれた輪郭線が確認された。北壁では墨が、南壁では朱が使用されたと考えられ、二壁で材料が異なる。また、南壁では結節を縁取る輪郭線も描かれていた。東壁で輪郭線は確認されなかった。パルメット文様帯における輪郭線の描写は、壁ごとに異なることが明らかとなった(表2)。

4. まとめ

第285窟の北壁・南壁・東壁の同じ高さに描かれたパルメット文様帯の制作材料・技法を検討した。いずれの壁でも、下描きは文様の領域を決める線のみであり、葉の文様は結節を目印に描かれたと推察される。同じ壁に描かれたパルメット文様帯の図像、配色、彩色材料、技法はほぼ共通するが、壁ごとに比較すると差異があることが明らかとなった。これらには工人や制作の経緯の違いが反映されている可能性が考えられる。

表1 葉の文様における調査結果

	現在の色	壁	紫外線照射写真	主要検出元素	推定される色材	完成当初の色	先端の向き 北	南	東
葉A	黒褐色	北・南・東	一部が蛍光	Pb	鉛丹の上に有機色材を重ね塗り	赤～橙色	上	下	上
葉B	灰色	北・南・東	全体が蛍光	As	石黄・インディゴを併用	緑色	下	上	下
葉C	青色 緑色	北・南・東	青色が蛍光	Cu	青色:ラピスラズリ 緑色:アタカマイト	青色 緑色	下	上	下
葉D	赤褐色	東	全体が蛍光	Fe	酸化鉄の上に有機色材を重ね塗り	赤～褐色	—	—	上

表2 壁ごとの比較

	水平線 色材	下描き線	輪郭線	結節 色材	下描き線	輪郭線	葉 彩色	配色パターン	先端の向き
南壁	石黄	有	有(朱)	石黄	無	有(朱)	A,B,C	A・B・A・C	赤系(A)が下、青系(B,C)が上
北壁	石黄	有	有(墨)	石黄	無	無	A,B,C	A・B・A・C	赤系(A)が上、青系(B,C)が下
東壁	石黄	有	無	石黄	無	無	A,B,C,D	A・B・D・C	赤系(A,D)が下、青系(B,C)が上

※本研究は、東京文化財研究所と敦煌研究院による「敦煌壁画の保護に関する日中共同研究」の一環として実施したものである。

敦煌莫高窟第285窟西壁の供養菩薩群の制作工程
Paintinng process of the Bodhisattvas Drawn on the West wall of Mogao Cave 285

福島千晴，○高林弘実（京都市立芸術大学），岡田健（東京文化財研究所）蘇伯民（敦煌研究院）
Chiharu FUKUSHIMA, Hiromi TAKABAYASHI（Kyoto City University of Arts），
Ken OKADA（Tokyo National Research Institute for Cultural Properties），
SU Boming(Dunhuang Academy)

1.はじめに

本研究が対象とする莫高窟第285窟西壁（図1）については、土壁に下地を塗布せずに壁画が描かれていることが確認されているほか、使用されている彩色材料の種類と、その劣化状態の特徴が検討されている。本研究では、西壁に描かれた菩薩像に着目し、材料とその劣化状態から彩色の構造的特徴を把握することで、その制作工程を考察する。

2.研究対象および手法

第285窟の西壁には左右龕上方壁面および中央の龕内に供養菩薩群が描かれている。左右龕上方壁面に描かれた菩薩群は中央の龕の北側に6体、南側に6体と対になるように配されている（図2）。この菩薩像の描写としては、両肩に天衣を纏い、下半身には裙を着け、頭部の周囲には頭光が描かれている。頭には冠を戴き、カールした髪を肩に垂らしている。中央の龕内の菩薩像にもこれらの描写がみられるが偏袒右肩や通肩に袈裟を着けている菩薩、冠を戴かず頭頂に円髻に結い上げている菩薩もある。本研究では菩薩群を目視による詳細な観察を行い、調査に先立って撮影されている光学調査および非破壊分析調査の結果と合わせて、制作工程を考察した。本報では、南側の龕上方の壁面に描かれた菩薩像について報告する。

3.結果および考察

目視観察では、今回、土壁の上に淡赤褐色の描線の存在が確認できた。すなわち、土壁の上に淡赤褐色の下描きをし、その上に彩色がなされている。菩薩像の背景はほぼ一面淡赤色を呈するが、顕微鏡像では二層の構造になっているおり、下層は濃赤褐色（図3）、上層が淡褐色を呈する。菩薩の天衣、裙、頭光の輪郭周辺における彩色の積層構造から、背景の濃赤褐色の層は、天衣、裙、頭光の彩色より先に、下描きの菩薩の輪郭を目安に塗布されていると考えられる。背景の淡褐色の層は、肉身の彩色の上に塗布されている部分が多く観察された。菩薩の彩色を観察すると、いずれの菩薩でも肉身の彩色の上に、天衣、裙、頭光の彩色がなされている(図4)。以上のことから、彩色の工程は、背景の一層目を下描きに沿って塗布したのち、肉身の彩色を塗布し、その後に天衣、裙、頭光、背景の二層目が塗布されたと推察される。背景に塗布された二層目の色材は、粒子状の物質はみられず透明感があることから赤色の有機色材と推定され、制作当初に比べると変色していると考えられる。この彩色は背景部分の発色を担うだけでなく、肉身の形状を修正する役割もあったと考えられる。また、冠や垂髪はこれらの上に塗布されていることが観察された。このような制作工程から、菩薩像は下描きに沿って描きやすい順に色材を塗布していたのではなく、彩色の段階で壁画全体の調和をとりながら制作をしていたと考えられる。

肉身の彩色の欠損部では、色の異なる二層の彩色層が観察された(図5)。下の層は淡赤色、上の層はほぼ白色を呈する。肉身の彩色をする際には、まず淡赤色の下塗りを行っていると考えられる。紫外線照射写真では、顔の輪郭、目の周り、首や胸等に発光する領域がある。この領域は、龕内の保存状態のよい菩薩でのみ観察できる暈取りの位置と一致し、制作当初は他の菩薩にも暈取りの表現があったと考えられる。

菩薩が身につけている天衣や裙には、紫外線照射写真や目視の詳細な観察から、制作当初には黒色および白色の線描、色材の塗り重ねや濃度の変化による暈の表現があったと推察される(図 6)。頭光も、中央と輪郭周辺で色を変化させていたと考えられる。

これらの彩色の構造的特徴や表現技法の特徴は、西壁の南側以外の菩薩でも同様に観察された。西壁では菩薩の制作工程が共通していたと考えられる。

4.まとめ

第 285 窟西壁の南側に描かれた供養菩薩像の制作工程を検討した。土壁に下描きをし、その上に、背景の一層目を塗布、そして肉身の彩色をした後に、天衣、裙、頭光、背景の二層目の彩色がなされ、冠や垂髪はこの上に描かれた。

菩薩の肉身の彩色には、色の異なる下塗りと上塗りがある。また、制作当初には現在は確認できない暈取りがあったと判明した。菩薩の天衣、裙には、現在目視では確認できない線描や色材による暈の表現があり、頭光にも色を変化させる表現が確認された。背景の二層目の材料も変色していると考える。

これらの制作工程や表現技法は、西壁の菩薩に共通していたと確認できた。また、菩薩像は下描きに沿って描きやすい順に色材を塗布していたのではなく、彩色の段階で壁画全体の調和をとりながら制作をしていたと考えられる。

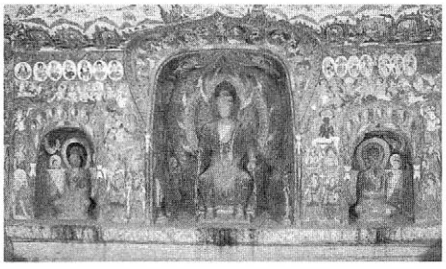


図 1　第 285 窟西壁

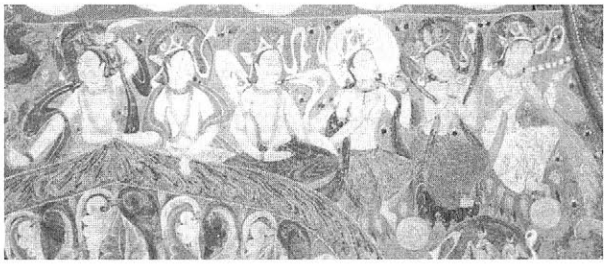


図 2　西壁南側の供養菩薩群

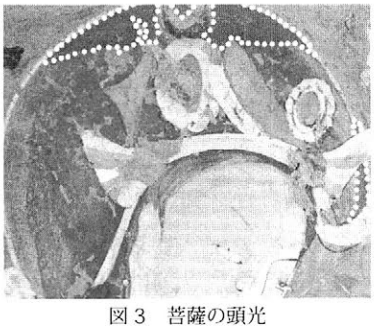


図 3　菩薩の頭光
上部に背景の濃赤褐色層がみられる。

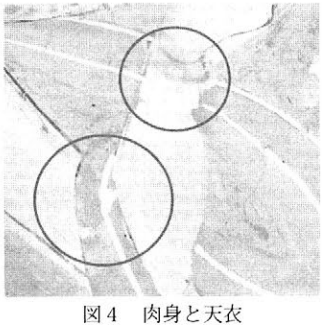


図 4　肉身と天衣
肉身の上に天衣の彩色がある。

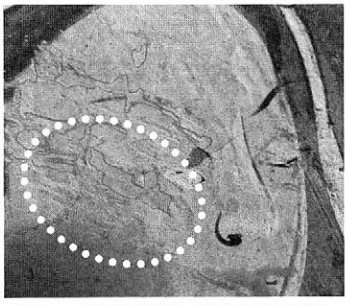


図 5　赤枠線部分に淡赤色の下塗り

通常光写真

紫外線照射写真

図 6　描き起こし線に沿い、暈の表現がみられる

出土ベンガラ中に含まれているパイプ状ベンガラ粒子の確認方法について

How to decide pipe-like particles in Bengala excavated from Archaeological Site.

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

1. はじめに

出土赤色顔料には朱(HgS)とベンガラ(α-Fe2O3 他)の二種類が知られている。このうちベンガラは、直径約1μmのパイプ状のベンガラ粒子を含むもの(ベンガラ(P))と、この粒子を含まないもの(ベンガラ(非P))に細分できる。ベンガラ(P)のパイプ状粒子については鉄細菌を起源とすることが明らかにされている(岡田 1997)。ベンガラ(非P)については、一般的に鉄鉱石(褐鉄鉱、赤鉄鉱や磁鉄鉱等)が原料になったと考えられている。

発表者は、これまでこの二分類を用いて弥生時代から古墳時代の墳墓出土ベンガラの編年や地域性について調査を積み重ね、各地の墳墓で採用されるベンガラは時期毎、地域毎に決まっており、それとは別のベンガラが採用される場合には、外来系遺構・遺物に伴う場合や階層による使い分け等があった可能性を指摘してきた(志賀 2008b,2010,2013,2014, 志賀・本田 2014)。パイプ状粒子の有無を調べることは、各ベンガラの産出環境を知るだけでなく、その生産や流通を検討する上で最も簡便で有効な方法であると考えられる。

ベンガラが出土した場合、発掘調査報告書では各種顕微鏡観察によってその粒子形態が報告されることも多い。筆者も発掘調査報告書等で調査結果を報告することも多いが、その調査時にサンプリング部位や資料調整法、観察手法が異なると、調査結果も異なる可能性があることを度々経験している。ベンガラの評価にパイプ状粒子の有無が重要であるのであれば、その調査方法を確立し、共有していくことが重要と考えられる。

2. 出土ベンガラの遺存状態とその粒子形態の観察

墳墓出土ベンガラの中には、最大径約1cm以下のベンガラ小塊が多数含まれていることが一般的である。この小塊は、粉末のベンガラが埋蔵環境で固まったものではなく、殆どの場合は原料が完全に粉にされていない状況で使用されたものと考えられる。小塊の色調は赤色を基本とし、褐色、橙色、紫色、黒色などの多様な赤色系統色の色調で構成されているものが多い。各色調は漸移的に変化している部分も認められる。これら色調ごとに行ったX線回折やラマン分光分析の結果から、赤色や紫色の部分では赤鉄鉱や磁赤鉄鉱が、褐色や橙色の部分では針鉄鉱や赤鉄鉱、磁赤鉄鉱が、黒色の部分では磁鉄鉱が主に検出されている。これが褐鉄鉱を素材としたベンガラであれば、焼成時の熱が均一に伝わっておらず、焼き斑が生じている状況と考えられる。このことは、色調毎に粒子形態に変化が生じている可能性を示している。実際、ベンガラ(P)において、褐色、赤色、紫色の各小塊の粒子形態の調査を行ったところ、紫色部分のパイプ状粒子にだけその器壁が半溶解した状況が観察されている(志賀 2008a)。

パイプ状粒子は直径約1μmと細いことから、その粒子の確認には、高倍率の顕微鏡観察が必要である。調査には生物顕微鏡か走査型電子顕微鏡が用いられることが多い。生物顕微鏡では、プレパラートに封入した資料全体をカラー像で確認できることから、比較的容易に調査可能である。一方、走査型電子顕微鏡では、資料の移動や条件設定に時間が掛かり、均一でない資

料の中から目的の粒子を見つけ出すことは大変難しい。

発表者は、これまでの調査からベンガラ(P)中のパイプ状粒子の存在量は資料によって様々であり、必ずしも簡単にそれが見つかる訳ではないことを経験している。特に、パイプ状粒子が極微量しか含まれていない資料については、十分な生物顕微鏡観察を行わないまま電子顕微鏡観察を行うと、その発見が極めて困難であることが多い。このように不均一な出土ベンガラの中からパイプ状粒子を発見するためには、生物顕微鏡観察が最も適していると考えられる。さらにより詳細な観察を行うのであれば、電子顕微鏡観察が有効であろう。

3. 生物顕微鏡での調査方法

ベンガラが多様な赤色系統色の色調で構成されていれば、原料の粒子形態に近いと考えられる赤色や橙色の部分からサンプリングする。サンプリングには竹串を用い、サンプリングポイント毎にスライドグラスに乗せる。この上に合成樹脂オイキットを滴下したカバーグラスを置き封入する。竹串はサンプリングポイント毎に取り合え、再使用しない。プレパラートは色調毎に3枚以上作成する。

プレパラートにサンプルを乗せ過ぎると検鏡し辛くなることから、必要以上には採取しない。粒子を分散させて検鏡し易くするためには、資料封入時にカバーガラスで押し潰すことが有効である。このことによってパイプ状粒子が割れて短くなることはあっても、その形状が消滅することは無い。ただし、赤色顔料のうち朱については、時期によって粒度が異なることが指摘されており(本田 1988)、この資料に朱が含まれているのであれば、朱の粒度観察用資料としては用いない。

生物顕微鏡での観察は100 倍(対物 10 倍)～200 倍(対物 20 倍)で全体を観察する。観察には透過光が用いられることが多いが、状況によっては白色のファイバー照明を横から照射する側射光観察も有効である。パイプ状粒子の最終的な確認については、透過光 400 倍(対物 40 倍)で判断する。

4. おわりに

生物顕微鏡観察では時間や経験によっても調査結果が異なってくる可能性がある。また、極微量のパイプ状粒子の存在については、資料作成時の汚染も問題になってこよう。これらの点については今後十分議論していく必要があろう。

＜引用・参考文献＞

岡田文男 1997「パイプ状ベンガラ粒子の復元」『日本文化財科学会第 14 回大会研究発表要旨集』,38-39 頁

志賀智史 2008a「中島笹塚古墳群出土赤色顔料とその関連資料の微視的・科学的調査」『東谷・中島地区遺跡群 9 中島笹塚古墳群・中島笹塚遺跡(1-8 区)』栃木県教育委員会,412-421 頁

志賀智史 2008b「前期前方後円(方)墳から出土するベンガラの地域性に関する研究」『日本文化財科学会第 25 回大会研究発表要旨集』,196-197 頁

志賀智史 2010「高江辻遺跡出土の赤色顔料について」『高江辻遺跡』筑後市教育委員会,40-52 頁

志賀智史 2013「津堂城山古墳出土の赤色顔料について」『史跡　東之宮古墳』犬山市教育委員会,248-252 頁

志賀智史 2013「朱玉とその周辺」『平尾良光先生古稀記念論集　文化財学へのいざない』,213-229 頁

志賀智史 2014「東之宮古墳出土の赤色顔料について」『史跡　東之宮古墳』犬山市教育委員会,375-395 頁

志賀智史・本田光子 2014「虎塚古墳出土の赤色顔料について」『虎塚古墳の保存科学的研究』,15-21 頁

本田光子 1988「弥生時代の墳墓出土赤色顔料」『九州考古学』第 62 号,九州考古学会,39-49 頁

民族資料の３次元計測と土器製作の個の系統評価手法の開拓
Development of the assessment method of the genealogical series of pottery production based on the ethnological material 3D data

○津村宏臣(同志社大学文化情報学部)、中園聡(鹿児島国際大学国際文化学部)

はじめに

一般的に考古学分野では、19 世紀的な遺伝学と層位学を前提とした型式学的手法で文化財の形状を質的に説明する方法が用いられる。また、民族考古学の調査事例を参照しながら、遺物の型式・形状変化を社会体系（母系・男系、地縁、労働編成 etc）の意味として“解釈”する中範囲理論も趨勢を誇った。しかし、そこにはミッシングリンクとも言うべき、a. 形状の遺伝的特性存否の科学的検証、b. 参与観察結果記述によらない民族資料の情報客体化、c. それらが現象学的に接続するか否かの検証、という方法論的空白が存在し、手続的再現性が担保できない考古学的解釈の問題がある。

1. 型式学から民族遺伝観(フォークメンデリズム)の再現へ　－　究極の「産地」へのアプローチ

中園ら（2011, 2012, 2013）の現代北タイの伝統的土器製作者研究では、民族資料である土器の型式的変異について、土器製作者のベテランとその娘（血縁関係有り）の資料を対象に検討を行い、「サイズ・形態両面で製作者個人の安定性の高さと他の製作者との違い」が計測値の主成分分析により確認されている。だが一方で、型式学的な属性値分析が、物理量次元（サイズ）と幾何量次元（シェイプ）が混在した形而上学的“定義”問題に帰結することは津村（2007）が指摘している。タイでの資料群については、その民族誌的視点を深めるため、一般的な属性値計測の主成分分析から、ケンドール形状空間における計量、さらには遺伝的特性の評価へと研究を深化させる方向性が重要と考えられる。本研究では、型式学の背後にある「産地」としての個へのアプローチを進めるため、３次元計測によって得られる形状データから特徴を示す２次元化を実施し、この形状を楕円フーリエ記述子で記述して、遺伝的特性を資料群現象と形状系統樹から評価する試みを実施した。

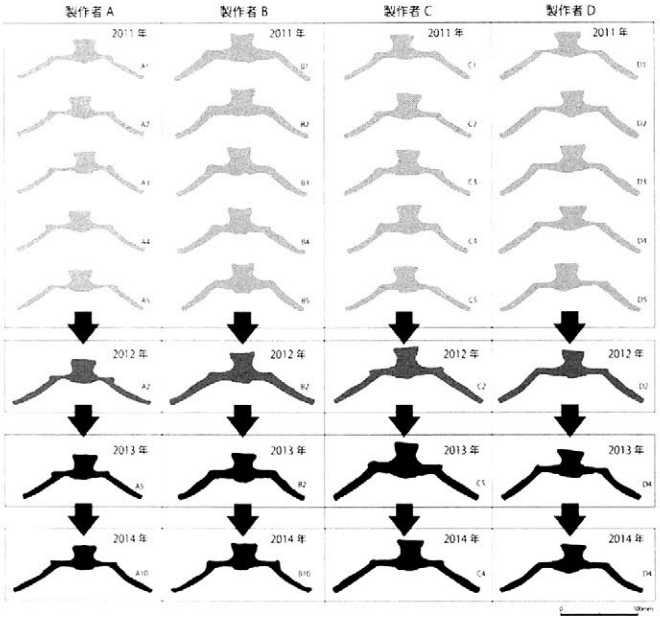


Fig. 1　製作者ごとの水甕の蓋の断面（中園ほか 2013）

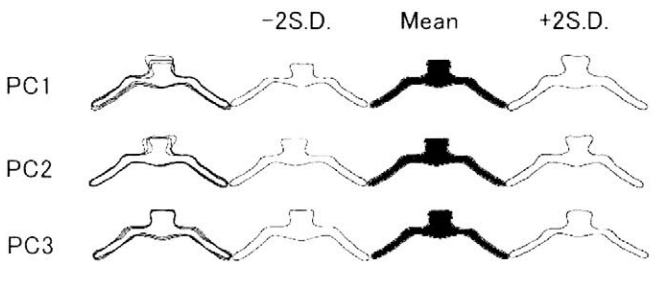


Fig. 2　水甕の蓋の形状変異（主成分得点）

2. 製作者資料の形状と変異特性

評価実験では、中園ら（2013）で評価された、４名（母Ｂ：80 代、

高齢のため娘の補佐、娘A：50代後半現役、母の妹D：60代現役、娘の妹C：40代後半（製作を本格的に始めて３年目の女性））の、水甕（モーナム）の蓋（Fig. 1）での分析を実施した。各製作者資料の断面形状の輪郭をｘｙ座標軸成分の時間ｔによる周期関数で記述する（①, ②）。

$$x(t)=\frac{a_0}{2}+\sum\left(a_n\cos\frac{2n\pi t}{T}+b_n\sin\frac{2n\pi t}{T}\right) \quad \cdots ①$$

$$y(t)=\frac{c_0}{2}+\sum\left(c_n\cos\frac{2n\pi t}{T}+d_n\sin\frac{2n\pi t}{T}\right) \quad \cdots ②$$

ラグランジュの未定乗数法により係数ａｂｃｄを析出し、楕円近似の次元数を縮約する主成分分析を行った結果が、Fig. ２となる。

第３主成分までで累積寄与率78%となり、水甕の蓋の形状特性は３属性に縮約され、第１主成分は器厚と立位高の比、第２主成分は中心軸のズレ、第３主成分は蓋肩部の張り出しとつまみ内部の肥厚と評価された。この形状空間における３属性に関して、その遺伝的特性評価のため無根系統樹を作成したのがFig. ３である。

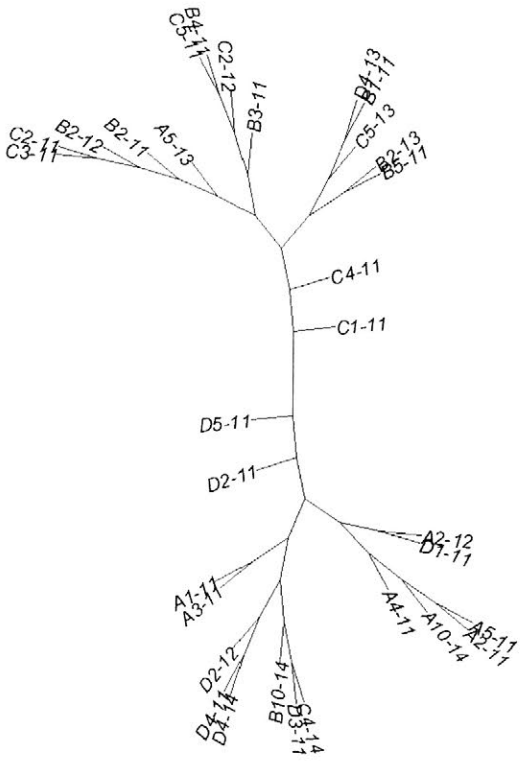


Fig. ３　形状の遺伝的特性（無根系統樹）

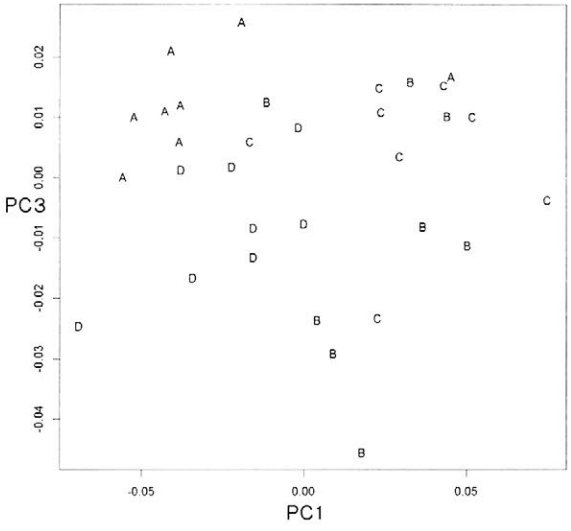


Fig. ４　主成分得点プロット

３. 資料群と形状特性の対応評価

伝統的な考古学的理解に従えば、資料群の特徴は、年長者であるＢからその妹のＤと、それらからＢの娘であるＡならびに土器製作３年目のＣという系統が想起される。しかし、形状の系統特性を見ると、Fig. ３でもわかるように、現役の土器製作熟練者であるＡとＤがクラスターの一群（Fig. ３の下半部）を形成し、現役ではないＢと熟練ではないＣが上半部にまとまっている。このことから、まず形状に現れる差異は、同時代的な作業者同士の技術共有と安定性が大きな鍵になっていることがわかる。さらに、ＡとＤのクラスター群は、それぞれＡ相互、Ｄ相互にクラスター化しており、個のモーターハビットが器体差に反映されているのに対し、上半部のＢとＣのクラスター群では相互に交錯してクラスター化されていることも看取できる。これは、形状差に個人差が直接的に反映されるのではなく、特定土器製作者集団のシェーンオペラトワール内部の偏差として把握できる。これらの混在は第１主成分正の方向で大きくなり、負の方向で小さくなる（Fig. ４）ことから、器厚と立位高の比、また蓋肩部の張り出しとつまみ内部の肥厚に熟練度やモーターハビットの傾向が大きく現れていると評価出来るだろう。

※なお、本研究は科研費基盤研究（Ｂ）（26284124）および（20320123）の成果の一部である

生駒山西麓遺跡群出土軟質土器の材質

Material clay of pottery produced in the site cluster of the Ikomayama west foot

○三辻利一（鹿児島国際大学）、福永信雄（元東大阪市教育委員会）
○Toshikazu Mitsuji (The International University of Kagoshima), Nobuo Fukunaga (Higashosaka City Board of Education)

はじめに

生駒山西麓遺跡群で作られた土器の胎土にはKが異常に少なく、逆に、Caが異常に多いという化学特性をもつ。さらに、Feの含有量も多い。この化学特性は原材料と推定される角閃石斑糲岩の化学特性に対応する。さらに、今回、主成分元素Kと微量元素Rb、また、主成分元素Caと微量元素Srの相関性にも異常性が見つけられた。原材料の化学特性の異常性が土器の化学特性にも残されていたのである。この化学特性を活用すると、生駒山西麓遺跡群で作られた土器の伝播に関する研究ができる。本研究では原材料の角閃石斑糲岩と、それに由来する粘土を素材として作られた生駒山西麓遺跡群の土器のK－Rb、Ca－Srの相関性を示すとともに、この特異性をつかって、八尾市などの周辺の遺跡から出土する庄内式甕の伝播を探ってみた。

結果

図1には、角閃石斑糲岩のK－Rb、Ca－Srの両相関図を示す。両図には比較のために、(1：1)の勾配をもつ直線を引いてある。花崗岩類試料では（1：1）の勾配をもつ直線上に沿ってばらついて分布する。図1を見ると、角閃石斑糲岩の試料は（1：1）の勾配を持つ直線から上方に大きくずれて分布することがわかる。相関性にも異常がある訳である。

図2には、生駒山西麓I群土器の両相関図を示す。生駒山西麓遺跡群で作られた土器群は長石系4因子で3群に分類できることがわかっている。Ⅰ群土器は典型的な生駒山西麓土器の胎土である。庄内式甕もⅠ群土器の胎土をもつ。

図2から、母岩の角閃石斑糲岩と同様、（1：1）の勾配の直線から主成分元素側に偏って分布することがわかる。

図3には、生駒山西麓Ⅱ群土器の両相関図を示す。図2に示したⅠ群土器と同様、（1：1）の勾配をもつ直線の上側に偏って分布しており、母岩の異常性が残されていることを示している。Ⅰ群土器との違いはK－Rb相関図における分布にあることは図2と比較すればわかる。Ⅱ群土器にはKが比較的多いのである。

図4には、Ⅲ群土器の両相関図を示してある。やはり、試料集団は（1：1）の勾配をもつ直線の上側に偏って分布することがわかる。図3に示したⅡ群土器との違いはCa－Sr相関図における分布にある。Ⅱ群土器に比べて、Caが比較的少ないのである。これがⅢ群土器の特徴である。

このように、両相関図でも、生駒山西麓遺跡群の土器胎土には、母岩の角閃石斑糲岩の特徴が残されていることがわかる。この特徴をもつ庄内式甕は久宝寺遺跡、郡川遺跡、萱振遺跡、中田遺跡、木の本遺跡からも出土していることが確認された。K－Ca、Rb－Srの両分布図のみならず、K－Rb、Ca－Srの両相関図でも、生駒山西麓遺跡群の土器の特徴を表示することがわかった。長石系4因子が同時に測定できる蛍光X線分析法は生駒山西麓遺跡群の土器の伝播に関する研究には有効である。

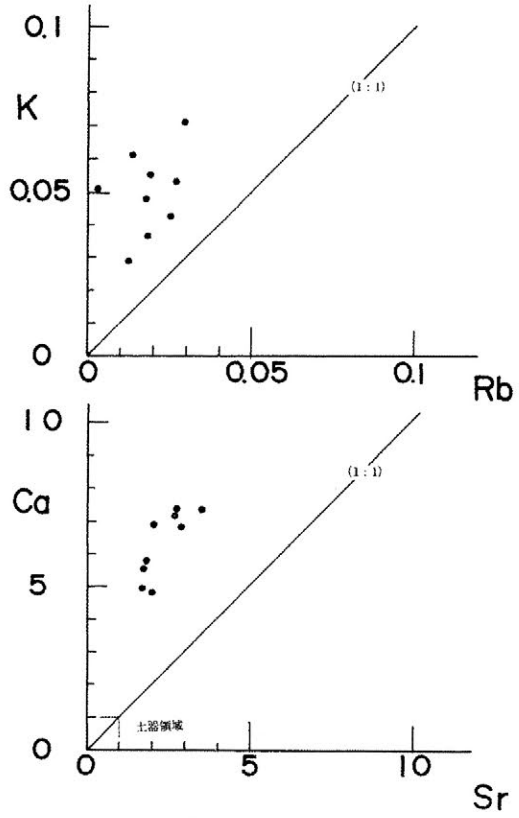


図1　生駒西麓で採取された角閃石斑糲岩の両相関図

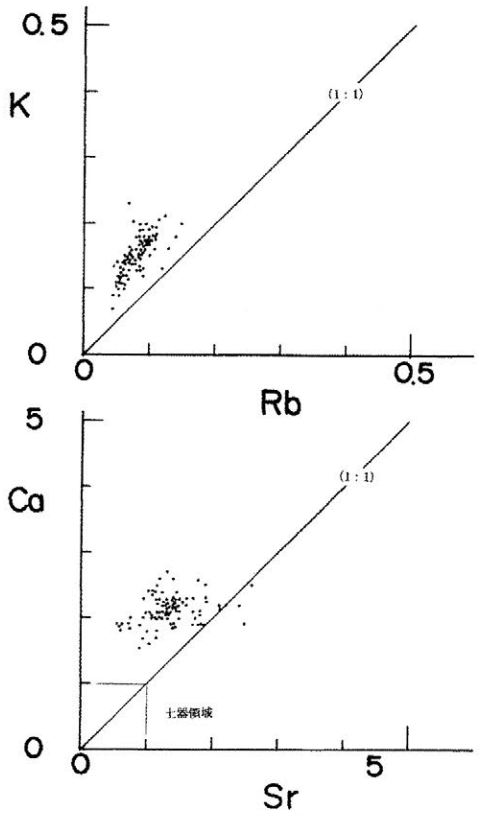


図2　生駒山西麓Ⅰ群土器の両相関図

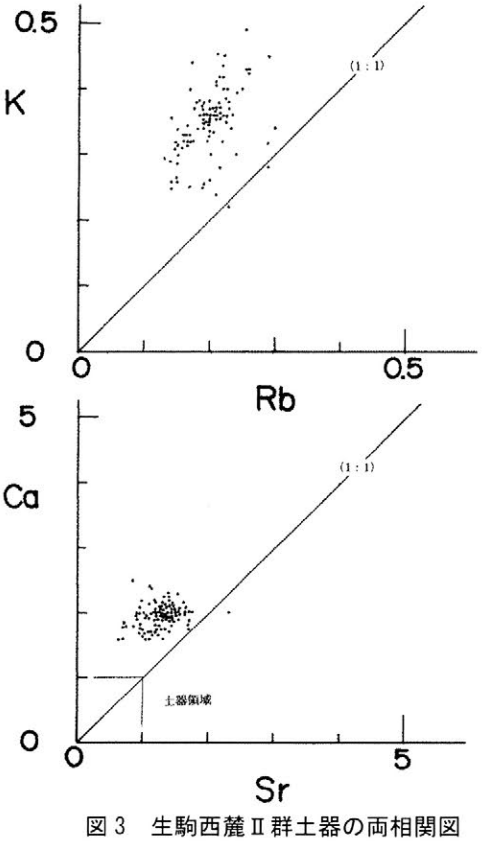


図3　生駒西麓Ⅱ群土器の両相関図

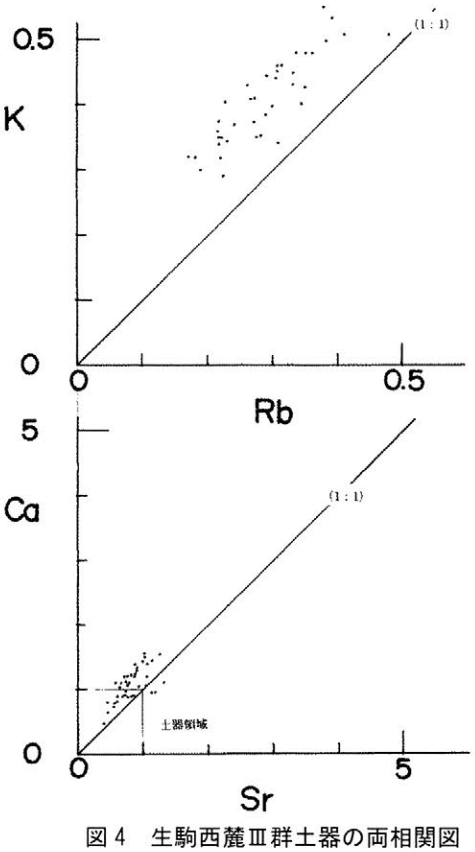


図4　生駒西麓Ⅲ群土器の両相関図

3D デジタルレプリカを用いた武器形青銅器のライフサイクルの復元実験

Restoration experiment of the life cycle of weapon-shaped bronze using 3D digital replica

○塚本敏夫(公益財団法人元興寺文化財研究所)、吉田 広(愛媛大学)、宮井善郎(福岡市教育委員会)
田尻義了(九州大学)、宮里 修(高知県埋蔵文化財センター)、柳田康雄

1. はじめに

近年、デジタル技術の進歩は文化財の研究にも応用されてきており、発表者らは3D デジタルアーカイブで得られた3D データから同笵比較やデジタル拓本や3D プリンターを使ったデジタルレプリカの製作を行ってきた。今回、弥生時代の武器形青銅器のライフサイクル(折損後の再研磨による再生利用)の実態解明のため、デジタルレプリカを用いた復元研摩実験を行った。3D デジタルレプリカを展示や保存修復以外の考古学の研究に初めて利用した事例である。本報告では研摩実験結果の考古学的評価とともに、形状の変化がどの程度であるか、3D データでの定量的な差分表示を含めて報告を行う。

2. 研究の目的

武器形青銅器の研究において、研磨による造形をいかに評価するかが重要な論点となっている。しかしながら、武器形青銅器の、鋳造後の研磨による整形、使用に伴う研磨進行による変形(研ぎ減り)および意図的変形、さらには鋒折損の再生等について、具体的状況を明示して合理的に論じられることは少なかった。

本研究では、3Dデジタルレプリカを用いた研磨進行実験の具体的様相を提示することで、出土武器形青銅器の形態との比較を通じ、弥生時代における武器形青銅器の形態変化の実態からライフサイクルを考察する。

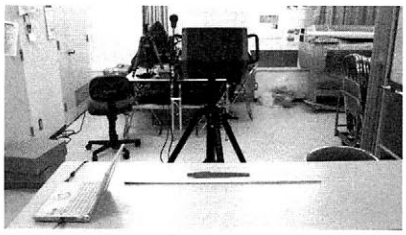


写真1 銅剣の3D 計測

3. 3D デジタルレプリカの製作

計測対象 研磨実験を実施する原資料は福岡市吉武高木遺跡3号木棺墓出土の武器形青銅器を選択した。

実際には同青銅器の精密型取レプリカを計測対象とした。

3D計測 使用機器はコニカミノルタ製のRANGE7 でTELE レンズを使用した(写真1)。1回の測定範囲で、1280×1024 点の3次元データを取得した。データ編集用ソフト PolyWorks Modeler(InnovMetric 社製)でポリゴンデータに変換し、一本にデータ統合したの後、STL データに変換した(図1)。

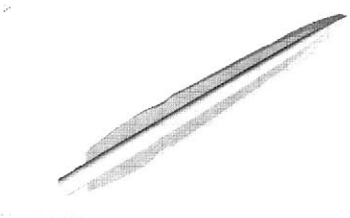


図1 3次元計測結果(陰影図)
(吉竹高木遺跡出土銅剣)

3D プリンタ出力 造形ピッチ0.1 ㎜以下、一体成形可能であることを条件に、後加工が可能な強度・靭性を有した粉体および樹脂を材料として、3Dデジタルレプリカ作成を行った。

樹脂造形はeden350(Objet 社製)、粉体造形はZPrinter 650(3D Systems 社製)による(写真2)。なお、粉体レプリカは薄い刃端部が細かく欠損してしまうため練習用とし、研磨実験は樹脂レプリカによった。さらに、欠損品の再生研磨実験用に、1号銅剣(Ⅰ式yタイプ)と銅戈の樹脂レプリカそれぞれから、鋒を約2cm(樋先端より上位)・約5cm(樋先端より下位)の位置で切断し、これを改めて3D計測して3Dレプリカを作成した。

写真2 3D プリンタの製品確認

4 銅剣の研摩実験

武器形青銅器全体の研磨痕跡と練習実験の研磨具合を確認しながら、一定方向に研磨運動を行える手持ち砥石を用いた可能性の高いことが再認識できた。また、鋒再生にあたっては、鋒方向を向いた矢羽根状の研磨では全体に細身先鋭化し、下方を向いた逆矢羽根状の研磨が効率的である。それらを踏まえ、実験には市販の幅3cm(幅広)の方柱状砥石、それを半切した幅1.5cm前後(幅狭)のものを用いた。

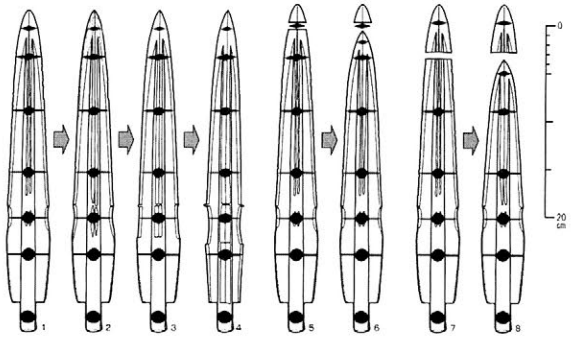


図2 銅剣および研磨実験品実測図

4-1 研磨進行実験

細形Ⅰ式yタイプの1号銅剣は、細形Ⅰy→細形Ⅰx→細形Ⅱb→細形Ⅱb細身という、研磨進行に伴う型式変化が想定されてきており、これが順当な変化であるかの検証を目的に実験を行った。1号銅剣はyタイプでも、研磨範囲が狭く脊頂部に広く未研磨面を残すなどしており(1)、まずはyタイプの研ぎのまま研磨面を広げた(2)。幅広の砥石を用い、yタイプの端部が丸みを帯びた研ぎを辛うじて作出できたが、刳方の湾入や縦断の研ぎ込みは十分でない。方柱状でない砥石の可能性も考えなければならない。これから直線的なXタイプの研ぎへの移行は、方柱状の砥石では比較的容易で、鋒を除いた身上半の変化も小さい(3)。これがⅡ式b類へとなると、脊上縦断方向において刳方と元部に段差を生じていることから、元部の刃部および脊上の研ぎ以前に、刳方さらには身上半の研ぎ込みが不可避となる。その結果、全体が細身となる。そして、刳方の研ぎ込み・湾入には、幅狭の砥石が必須で、なお滑らかな湾曲に到らず段差を生じている(4)。幅狭なだけでなく、断面に丸みをもつなど、砥石の形状自体を再考しなければならない。

4-2 鋒再生実験

長短2種類の折損品(短;5、長;7)について、鋒の再生研磨を行った。いずれも再生はできたが、樋先端以上の鋒部が短くなるとともに、先端部付近以外、とりわけ刳方以下は手を加えていないため、寸詰まり感は否めない(短;6、長;8)。出土品に類品を思い当たらず、吉武高木 117 号甕棺墓出土銅剣にその可能性がある程度だろうか。尚、研磨実験での3Dデータでのマッチング差分表示を、7-8の例を図3,4に示す。

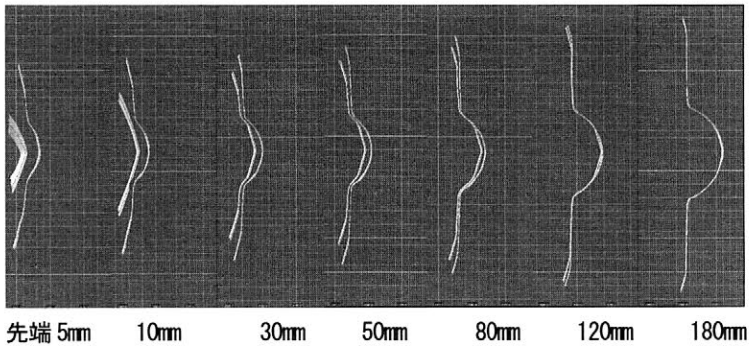


図3 7-8の差分断面図(上線7、下線8)

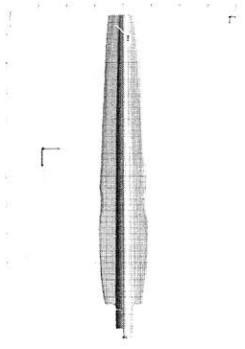


図4 7-8の3D差分図
緑部分が同笵

5. おわりに

研磨実験から、銅剣においては研磨進行により大きく形を変えていくことが確認できた。鋒折損の再生については短い折損の再生なら出土例と比較して違和感は小さいものの、樋先端を超えた折損の再生品を出土例に類品を見いだすことは難しく、鋒折損による再生は決して盛んでなかった可能性が高い。しかし、今回の実験で再製品の判定には3D データでの同笵比較の部分マッチングで判定可能との見通しも見えてきた。今後は再研磨品の定量判定法の確立を目指して計測データの蓄積と復元研摩研究を進めていきたい。

尚、本発表は、科学研究費助成事業(基盤研究(C))「3Dレプリカを用いた弥生時代武器形青銅器のライフサイクルの復元実験研究」(研究代表者吉田広)の成果による。

顕微鏡写真解析および分光画像解析による弘化谷古墳の彩色調査

Investigation on the Colors of Kokadani Tomb Using Micrograph and Multispectral Imaging

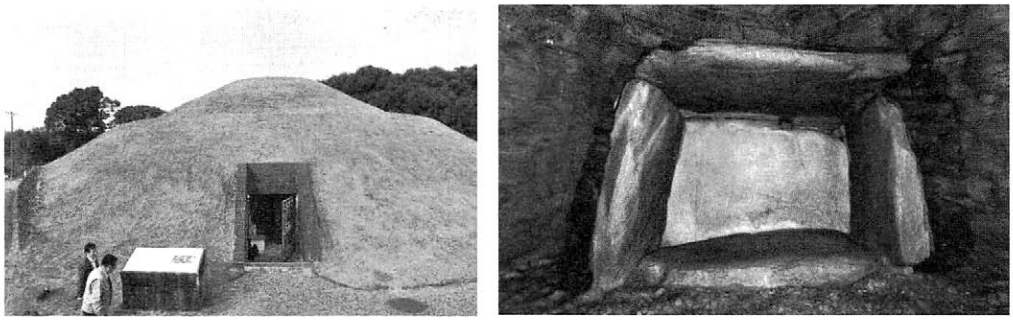
○ 森本哲郎（凸版印刷株式会社），猪瀬健二（東京大学大学院情報学環），
影澤 政隆（東京大学生産技術研究所），朽津信明（東京文化財研究所），
池内克史（東京大学大学院情報学環）

１．はじめに

九州装飾古墳の壁画彩色は土砂のかぶりや顔料の流れ落ちにより彩色の視認性が悪くなっているものが多くある。本調査ではこのような装飾古墳の１つである弘化谷古墳壁画に何色の顔料が使われているか解析を試みた。本調査ではまず、大域的な解析として分光画像解析を行い、その結果に基づいて顕微鏡画像解析を行うことで、各顔料の確認を行った。調査結果からは従来２色で構成されているという説があったが、少なくとも認識されていないもう１色が存在するという可能性を示唆する結果が得られたのでここに報告する。

２．弘化谷古墳装飾壁画

本調査対象である福岡県八女郡広川町弘化谷古墳は直径約３９m、高さ約７mの大型円墳である。図１に古墳の概観と計測されたデータにより作成されたＣＧ画像を示す。石屋形奥壁には三角文、双脚輪状文が描かれ、靱は輪郭が線刻されている。また、壁画に使われている顔料数および種類に関しては諸説ある。緑と赤の顔料で描かれている説や薄く赤を地塗りした上に濃い赤や石材の緑色で描かれているという説などである。しかしながら、顔料は広い範囲に流れ落ち、土砂などと混ざってしまっている為、これらを目視で確認することは難しい。本調査の目的は弘化谷古墳の壁画に何種類の顔料が用いられているか確認することを試みた。



（１）弘化谷古墳概観　　（２）計測された石室ＣＧ画像

図１．弘化谷古墳

３．調査概要

本調査では大域的または局所的な顔料の分布を調査するために２種類の計測システムを使用して計測、解析を行った。大域的な色彩計測に関しては東京大学池内研究室と凸版印刷が共同で開発した短時間で広範囲の撮影が可能な分光画像取得システムを用いて可視光・近赤外分光画像撮影を行い、照明光源はキセノンライトを用いた。撮影波長は可視光域(400～720nm)と近赤外域(650～1000nm)を 4nm 間隔で計測した。次に計測と解析の手順を述べる。はじめに分光画像を撮影し、解析することで各顔料領域と主要な色彩の数を推定した。次にその部分について顔料粒子自体の色を調べるために顕微鏡カメラ撮影による顔料の確認を行った。これにより、大域的、および局所的に顔料の色を特定することで顔料の存在と領域を特定することを試みた。なお、計

測時には石室内の温度、湿度、人の入室時間などを管理し、壁画の保存環境に細心の注意を払って計測を行った。

4. 弘化谷古墳壁画解析

【解析１】主要色彩数の推定

壁画に使用されている主要な色彩を調査するために、壁画分光画像を主成分分析（ＰＣＡ）にかけ、主成分スペクトルを抽出した。この結果からは３つの主要スペクトルの線形和によって87%の壁画の色彩が表現されていることがわかった。

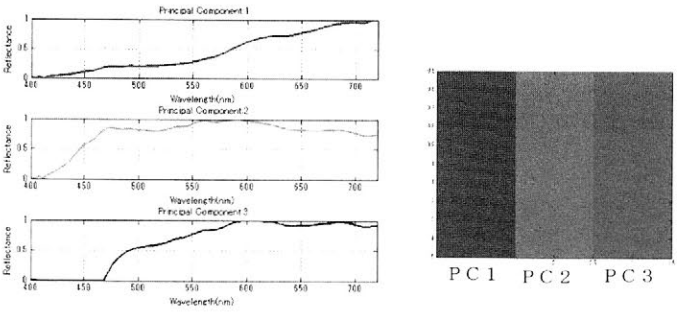


図２．主要分光スペクトル（左）とそのＲＧＢ値（右）

【解析２】文様の領域の可視化

近赤外画像を用いて文様の可視化を行った。結果の画像からは表面のほこりを透過して目視では見難い文様がはっきりと見えていることがわかる。特に下の連続三角文の構成を考えると、図３の？は隣接する赤色の三角とは別に薄赤の三角が存在するのではないかと考えられる。

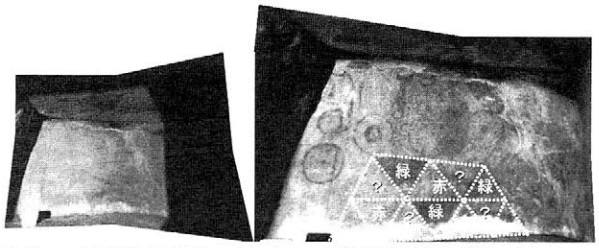


図３．可視域画像（左）、近赤外域画像（右）

【解析３】文様領域と主要色彩の一致による顔料の推定

本解析では顕微鏡カメラを用いて各色領域を撮影し、粒子の色を確認した。図４の緑領域の表面には、緑色の粒子が存在しておらず、岩の色であることがわかる。次に図５の入力画像をCIE LAB色空間にプロットし、各画素を分類して、顔料領域の分離を行った。（１）～（３）の画像は各成分に分類された画像である。

図４．緑領域画像

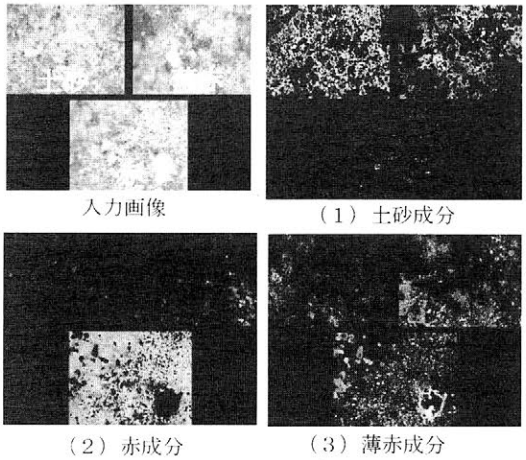


図５．顔料分類結果

（２）はほとんど赤のみが分離されている。（３）の薄赤とされる領域に関しては赤と薄赤の両方で同じくらいの量が確認でき、土砂も混じっていることから、薄赤は土砂のような不純物の混じったものであるという解釈ができる。この結果は解析１の結果と一致している。

5. まとめ

本調査から弘化谷古墳の壁画は岩の緑、赤顔料、不純物の混じった赤の３色から構成されている可能性が考えられる。一つの可能性として、これらの結果から壁画の作画方法を推測すると、岩の上に純度の高いベンガラ、そして不純物を含んだベンガラを用いて連続三角文が描かれたのではないかということが考えられる。ただし、連続三角文以外の部分や薄赤の成分に関しては更なる調査が必要と思われる。

陶磁器の上絵層における有機物分析の試み
－焼成後における有機物材料残存の可能性について－

Attempt to analyze organic matters in overglaze color layers of pottery and porcelain -Possibility of the organic matters remains in after firing-

○樋口智寛（東京都立産業技術研究センター）、二宮修治（東京学芸大学）
○Tomohiro Higuchi (Tokyo metropolitan industrial technology research institute),
Shuji Ninomiya (Tokyo Gakugei University)

1. はじめに

陶磁器の産地、製作の年代、技法や当時の物流等の解明に対する手法の一つとして、胎土や釉薬についての成分分析が広く行われている[1]。陶磁器の製作には、膠やろう等の有機物も用いられており、これらの成分も重要な情報を与えるはずである。一般に、陶磁器製作に用いられた有機物は焼成時に焼失すると見られているものの、上絵付け部分については、上絵付け絵具と釉薬との層間が還元下となるため有機物が残存しているとも推定される。

本研究では、高い検出感度を有し、また層間に存在する数μm程度の薄い対象物の測定が可能な飛行時間型二次イオン質量分析(Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometry、TOF－SIMS)により、陶磁器における有機物の測定を試みた。今回は、有機物残存の可能性を見きわめることを目的とし、膠を混合した上絵具を用いて、ガラス板に上絵付けした試料を作製し、その断面に対して分析を行った。

2. 実験

上絵付けには、現在市販されている有鉛の上絵具(梶山工芸製、古代赤)および粒膠(吉祥製)を用いた。膠をイオン交換水へ24時間浸漬した後、60℃にて湯煎および攪拌し、膠溶液を作製した。膠濃度は約10%(m/m)とした。上絵具1gに膠溶液1mlを加え、混合した後、刷毛によりスライドグラス(松浪硝子工業製、S1112)へ塗布した。その後、室内において24時間程度放置した後、電気炉により大気雰囲気において800℃にて焼成した。焼成品を所定の大きさに切断し、その断面を紫外線オゾンにより洗浄後、TOF－SIMS(アルバックファイ製、TRIFTⅢ)測定を行った。測定条件は、一次イオンGa^+、中和銃を使用、測定質量数範囲1－5000とした。

3. 結果および考察

TOF－SIMS測定とあわせて、蛍光X線分析により、試料を構成する主成分クラスの分析を行った。その結果、上絵具はAl、Si、Fe、Pb等、粒膠はMg、Ca等、スライドグラスはSi、K、Ca等を含有していた。これらの結果も含め、TOF－SIMSによる分析結果の解析を行った。

図 1 に測定された正の二次イオンにより作成したTOF－SIMSイメージを示した。TOF－SIMSイメージの濃淡は、白く明るく表示された領域に該当の二次イオンが強く検出されたことを示している。(a)

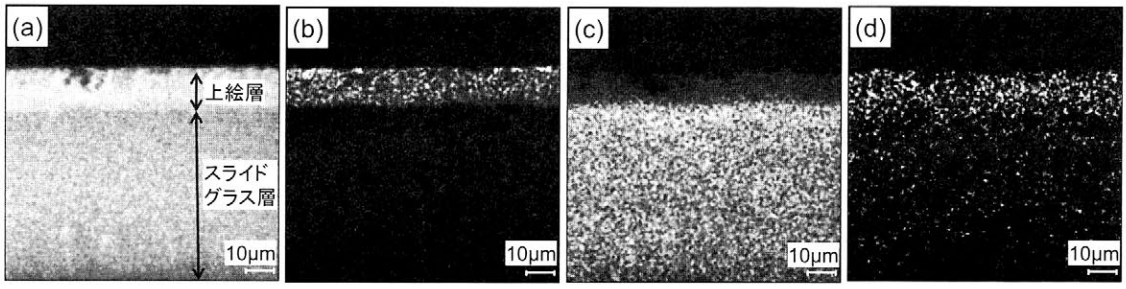


図1　上絵層のTOF－SIMSイメージ（正イオン）
（a）トータルイオン、（b）Fe、（c）Si、（d）有機物
焼成条件：昇温速度10℃／分、800℃にて5分間保持

のイメージは、検出された全ての正の二次イオンを積算して作成したものであり、上下2層の異なるコントラストの領域が確認された。それぞれの領域におけるTOF－SIMSスペクトルを比較したところ、上層には質量数56（Fe^+）や208（Pb^+）等の上絵具由来、また下層にはスライドグラスの主成分由来の質量数28（Si^+）等のフラグメントイオンが強く検出された。これらをもとに、対象のフラグメントイオンのTOF－SIMSイメージを作成し、（b）および（c）にそれぞれ示した。これらから、上層は上絵具の層、下層はスライドグラスの層であることが明確に示された。またTOF－SIMSスペクトルから、質量数15（CH_3^+）、27（$C_2H_3^+$）、29（$C_2H_5^+$）、41（$C_3H_5^+$）、43（$C_3H_7^+$）等の有機物由来と見られるフラグメントイオンも多数確認されたものの、強度が低く、単一のフラグメントイオンでは明瞭なイメージを得ることができなかった。そのため、有機物由来の主要なフラグメントイオンを積算してイメージを作成し、（d）に示した。このイメージから、上絵層に有機物が優位に存在していることが確認された。このことから、上絵付けの焼成後にも、有機物全てが焼失または炭化されることなく、一部は残存していることが明らかとなった。しかし、今回絵付けに用いた膠のタンパク質特有の含窒素化合物については、有機物自体の強度が低いこともあり、TOF－SIMSスペクトルからも明確に存在を特定できなかった。また、同一試料において有機物が検出されない上絵層の領域が存在したことや、焼成条件により残留する有機物に差異が現れた。これらから、焼成時の熱伝導や上絵層の厚さ等、陶磁器の各種製作条件による差異が、残存有機物の量や成分にも現れると推定される。

4. まとめ

陶磁器の上絵層を構成する成分について、特に有機物に着目し、TOF－SIMSによる分析を試みた。その結果、上絵付けの焼成後にも、上絵層には有機物の形態で一部残存していることが明らかとなった。また陶磁器の製作条件により、残存する有機物にも差異が発現すると推定され、陶磁器の産地や技法等の解明に有効な手段であることが示された。

謝辞　本研究はJSPS科研費25560139の助成を受けて行われた。

参考文献

1）新免歳靖、岡野智彦、二宮修治、初期および中期ラスター彩陶器の胎土分析による生産地推定、総研大文化科学研究　6、99（2010）

仙台東照宮と大崎八幡宮の石鳥居の石材について

Stone types of the gateways to Sendai Toshogu Shrine and Osakihachimangu Shrine

○朽津信明（東京文化財研究所）
○Nobuaki Kuchitsu (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

本学会においてこれまで、文化財を構成する花崗岩類の評価に、非破壊で瞬時に行える帯磁率測定が有用であることを指摘してきているが[1, 2]、今回仙台市内にある代表的な花崗岩類製石鳥居として、仙台東照宮石鳥居と大崎八幡宮石鳥居について検討を行ったので、その結果を報告する。なお、仙台市内に現存する石鳥居としては、この両者に亀岡八幡宮石鳥居（1683 年）[3]を加えたものが江戸時代初期から伝わる仙台三石鳥居とされるが、亀岡八幡宮石鳥居については粘板岩（稲井石）製で、花崗岩類とは一概に比較はできないため、対象外とした。

図１．仙台東照宮石鳥居

2. 仙台東照宮石鳥居（図１）

仙台東照宮は 1654 年に伊達忠宗によって創建され、現存する本殿、唐門、透塀、随身門、鳥居が国の重要文化財に指定されている。鳥居の右柱には「（前略）得巨石於備前國（後略）」、左柱には「承応三年甲午四月十七日」の銘が刻まれており、1654 年に備前国から運ばれた石材で製作された鳥居であることが確認される。この点に関して、『義山公治家記録巻之九』承応三年の項には、「鳥居ノ石ハ備前國犬鳥ヨリ運送ス」とあり、奉納者である忠宗の夫人・振姫が池田家の出であることが、備前より石材を運んだことに影響しているのではないかと伝えられている。（備前国には、現在でも花崗岩類石材の産地として知られる犬島という島が存在し、例えば重要文化財・鶴岡八幡宮石鳥居（1668 年築造）も備前国犬島の石材で造られたとされる[1]ことから、「備前國犬鳥」は「備前國犬島」の原典誤記である可能性が考えられる。）なお、東照宮には他に、「承応三年甲午四月十七日」と、同じ日付の銘を持つ石灯籠が幣拝殿前に一対で存在し、目視でその石材は石鳥居石材と類似する。そのうちの幣拝殿に向かって左側に建つものも調査対象に含めた。

図２．大崎八幡宮石鳥居

3. 大崎八幡宮石鳥居（図２）

大崎八幡宮では、伊達政宗の創建による本殿、石

の間、拝殿が国宝に指定されており、参道入り口に建つ石鳥居は宮城県指定有形文化財となっている。『大崎八幡神社小史』にて右柱の銘が読み出されており[5]、「(前略) 取瑕石州内東山 (中略) 寛文八年戊申八月十五日」とあることから、1668年に、旧岩手県東山町 (現一関市の一部) の石材を用いて建てられたことが確認される。ただし、1970年の小倉強による調査[6]によれば、「明治三十三年五月一日暴風のため樹木が倒れ鳥居が損傷したので同四十年に修復した」とされており、現在は両柱の足下には足固めが存在している (図3)。この部分には「(前略) 明治四十年正月十五日　岩沼町平間九太 (後略)」の銘が確認され、このことから足固めは1907年に現在の岩沼市の人物が関与して後補されたものと考えられる。

図3．大崎八幡宮石鳥居の足固め

4. 帯磁率調査

4.1. 方法

計測はTerraplus社の帯磁率計 (KT-10) を用いて本来の石材表面が露出する箇所で非破壊で行い、可能な対象では5点測定して平均値を記録し、それができない対象では1点のみの計測でそれを代表値とした[1]。

4.2. 結果

結果を表1に示す。東照宮石鳥居及び石灯籠石材は、いずれも3.0 ($X10^{-3}$ SI units、以下単位省略) 未満 (チタン鉄鉱系列) の帯磁率を示し、大崎八幡宮石鳥居石材の当初部材は、いずれも10以上 (磁鉄鉱系列) の値を示した。ただし、大崎八幡宮石鳥居の足固め石材は、いずれも3.0未満のチタン鉄鉱系列の値を示した。

表1．結果一覧 (単位は $X10^{-3}$ SI units)

場所	対象	箇所	帯磁率
仙台東照宮	石鳥居	左柱	**2.374**
		右柱	**2.427**
	幣拝殿前左石灯籠	竿	**2.339**
大崎八幡宮	石鳥居	左柱	**17.36**
		右柱	**17.40**
		左足固め	**2.149**
		右足固め	**2.676**

5. 考察

日本に分布する花崗岩類石材は、高い帯磁率を示す磁鉄鉱系列と低い帯磁率を示すチタン鉄鉱系列とに大別され[7]、それぞれの分布域は明瞭に分かれることが指摘されている[8]。過去の調査結果に基づけば、現在の岡山県犬島にはチタン鉄鉱系列の、旧岩手県東山町付近には磁鉄鉱系列の、そして岩沼市付近にはチタン鉄鉱系列の花崗岩類が分布することが報告されている。帯磁率の値と石材産地との関係は一対一対応ではないため、その一致は原産地を示す根拠とは決してなり得ないが、銘や同時代文書から推測されるそれぞれの石材の由来は、実測された帯磁率の値と少なくとも矛盾はしていない。このことに基づけば、今回の帯磁率調査結果は、産地が明確ではない東照宮石灯籠についても、石鳥居とともに備前國犬島から取り寄せられた石材で造られた可能性を科学的に議論することに寄与できることが期待される。また大崎八幡宮では、足固め以外でも、もしも後補石材があった場合には、その可能性を非破壊で瞬時に指摘することにも貢献可能となるだろうと予想され、この方法の今後の他の文化財への応用性も期待される。

引用文献 1)朽津信明他 (2011) 本学会第28回大会要旨集, 206, 2)朽津信明他 (2012) 本学会第29回大会要旨集, 266, 3)宮城県教育委員会 (1971) 宮城県の文化財, 346, 4) 鎌倉市史編纂委員會 (1967) 鎌倉市史：社寺編, 5)大崎八幡神社 (1965) 大崎八幡神社小史, 6) 宮城県教育庁文化財保護課蔵, 7) 石原舜三他 (1979) 地質学雑誌 85, 8) Takagi (2004) American Journal of Science, 304, 169

阿玉台式土器胎土の地域性と混和に関する研究（2）
—陸平貝塚の事例から—

A study on locality and mixing of Atamadai type Jomon pottery material (2) - Case of Okadaira Shell Mound -

○河西学（帝京大学）、松本建速（東海大学）、中村利廣（明治大学）、市川慎太郎（明治大学院理工学部）、小林謙一（中央大学）、塚本師也（とちぎ未来づくり財団埋蔵文化財センター）、神山崇（高エネルギー加速器研究機構）

はじめに

この研究は、阿玉台式土器を対象に、薄片による岩石学的分析、土器粉末の蛍光X線分析などを相互補完的に用いることで、混和材等の土器胎土で地域性を明らかにし、土器の製作地推定や土器製作システムの解明をめざすものである。昨年は、栃木県桧の木遺跡で雲母・花崗岩類以外の胎土に地元地質の特徴が検出され、地元原料と雲母などの混和の可能性を指摘した。今回は、茨城県美浦村陸平貝塚の阿玉台式の結果を桧の木遺跡や相模原市大日野原遺跡の結果と比較して報告する。

試料と分析方法

試料は、陸平貝塚の縄文中期阿玉台式、加曽利ＥⅠ式、大木８a式、後期堀之内2式などの土器を用いた。蛍光X線分析は、明治大学理工学部の波長分散型蛍光 X 線装置 Rigaku RIX 3100 を用いた。0.400g の試料粉末を秤量し、融剤との質量比が 1:10 のガラスビードを用い、検量線法にて定量した。土器片中の主成分酸化物（Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, P_2O_5, K_2O, CaO, TiO_2, MnO, Fe_2O_3）および微量成分元素（V, Cr, Ni,Cu,Zn, Rb, Sr, Y, Zr,Nb,Ba）濃度を測定した。また同一試料の薄片を作製し、フッ化水素酸蒸気でエッチングし、コバルチ亜硝酸ナトリウム飽和溶液でカリ長石を黄色に染色しプレパラートとし、ポイントカウント法で粒径 0.05mm 以上の岩石鉱物粒子を偏光顕微鏡で計数した。

結果と考察

化学成分では、酸化物で得られた主要成分を比較しやすくするため元素の含有率に換算した（表1）。Mn 濃度は、0.05％未満の値が多く白色系粘土が原料として用いられた可能性が推定される。Si,Al,Fe,Ti の濃度は、筑波花崗岩類の値と異なることから、風化した花崗岩だけに土器胎土が由来している可能性は低いと推定される。No.6 と No.14 を除く陸平貝塚試料は、Cr が検出限界未満で Ni が 32 ～ 42ppm であるのに対し、桧の木遺跡・大日野原遺跡土器は、Ni が検出限界未満で Cr が 10 ～数十 ppm を示すものが大部分である（図 1）。Cr と Ni のこの特徴は、土器胎土原料の地域性を反映している可能性が高い。岩石鉱物による阿玉台式の分類は、花崗岩類主体で黒雲母が多い胎土①（Nos.1 ～ 5）、花崗岩類主体で雲母が少ない胎土②（No.17）、変質火山岩類が主体で雲母が少ない胎土③（Nos.6 ～ 10）に大別される（図 2）。胎土③は、加曽利ＥⅠ式・大木 8b 式・堀之内 2 式などの胎土と類似することから常陸台地で在地的な組成と推定されるが、積極的な雲母類の混和は認められない。胎土①のうち Nos.2,4 は、花崗岩類以外に変質火山岩類・堆積岩・デイサイトなど胎土③と共通する岩石を伴う点で、地元原料を用い雲母などを意図的に混和した可能性を示唆する。なお今回の分析結果は、胎土②が阿玉台Ⅳ式からなり、胎土①には阿玉台Ⅰb式でもやや新しいものが、胎土③には阿玉台Ⅰb式の古手が含まれる傾向があることなどから、時期による胎土の違いが反映されている可能性も残される。

陸平貝塚試料は、美浦村教育委員会から提供していただいたものであり、記して感謝する。本研究は、科学研究費補助金基盤研究（C）（課題番号 24520863）の成果の一部である。

表1　茨城県陸平貝塚出土土器の元素の換算値一覧　Si～P（重量%）V～Ba(ppm)

	Si	Ti	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	V	Cr	Ni	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba	型式名
陸平貝塚 No.01	29.23	0.57	12.13	4.57	0.03	0.72	1.26	0.61	2.32	0.19	143	N. D.	38	31	104	138	272	19	289	13	1442	阿玉台式
陸平貝塚 No.02	30.30	0.54	11.22	4.82	0.05	0.60	1.23	0.61	1.83	0.16	161	N. D.	37	39	100	156	193	11	217	11	945	阿玉台Ib式
陸平貝塚 No.03	30.06	0.48	10.63	4.77	0.04	0.69	1.62	0.52	2.44	0.38	129	N. D.	37	44	96	167	277	13	258	12	1496	阿玉台式
陸平貝塚 No.04	30.20	0.67	12.15	3.38	0.02	0.36	1.60	0.70	1.82	0.22	201	N. D.	42	44	100	99	264	20	180	6	1315	阿玉台式
陸平貝塚 No.05	31.04	0.48	10.62	4.28	0.02	0.55	1.26	0.56	2.13	0.25	131	N. D.	40	33	89	145	230	17	310	11	1453	阿玉台Ib式
陸平貝塚 No.06	31.34	0.64	10.94	3.59	0.01	0.33	0.94	0.76	1.26	0.73	207	12	38	50	88	72	174	14	151	5	919	阿玉台I式
陸平貝塚 No.08	31.06	0.68	11.29	3.88	0.01	0.28	1.46	0.56	0.96	0.49	222	N. D.	42	44	88	66	233	12	172	5	1246	阿玉台I式
陸平貝塚 No.09	30.28	0.71	11.79	4.06	0.01	0.23	0.90	0.58	0.95	1.04	202	N. D.	38	46	91	66	165	13	183	5	980	阿玉台Ib式
陸平貝塚 No.10	31.31	0.69	11.04	3.90	0.01	0.24	1.34	0.62	1.06	0.45	198	N. D.	39	41	79	66	237	13	206	7	1280	阿玉台式
陸平貝塚 No.11	30.09	0.51	10.45	4.98	0.03	0.24	0.79	0.74	1.36	1.64	160	N. D.	37	57	75	82	153	14	191	7	956	堀之内2式
陸平貝塚 No.12	31.50	0.74	11.89	2.10	0.01	0.26	0.61	0.68	1.72	0.71	205	N. D.	42	60	68	98	110	24	196	8	556	加曽利EI式
陸平貝塚 No.14	28.03	0.60	11.99	5.24	0.04	1.22	0.95	0.63	1.72	1.13	210	65	40	39	76	84	135	18	198	7	733	縄文中期中葉
陸平貝塚 No.15	29.62	0.55	11.17	5.49	0.01	0.20	0.73	0.69	1.12	1.36	171	N. D.	37	59	80	72	143	15	173	5	794	加曽利EI式
陸平貝塚 No.16	28.09	0.65	12.60	6.88	0.01	0.16	0.78	0.51	0.73	0.98	208	N. D.	33	44	49	40	142	16	183	6	658	大木8b式系
陸平貝塚 No.17	33.26	0.37	10.01	2.04	0.01	0.12	0.53	1.06	2.69	0.34	112	N. D.	34	31	46	131	115	16	204	9	556	阿玉台IV式
陸平貝塚 No.18	32.65	0.37	10.34	2.12	0.01	0.12	0.53	1.16	3.01	0.36	103	N. D.	32	37	42	143	123	14	194	7	683	縄文中期中葉

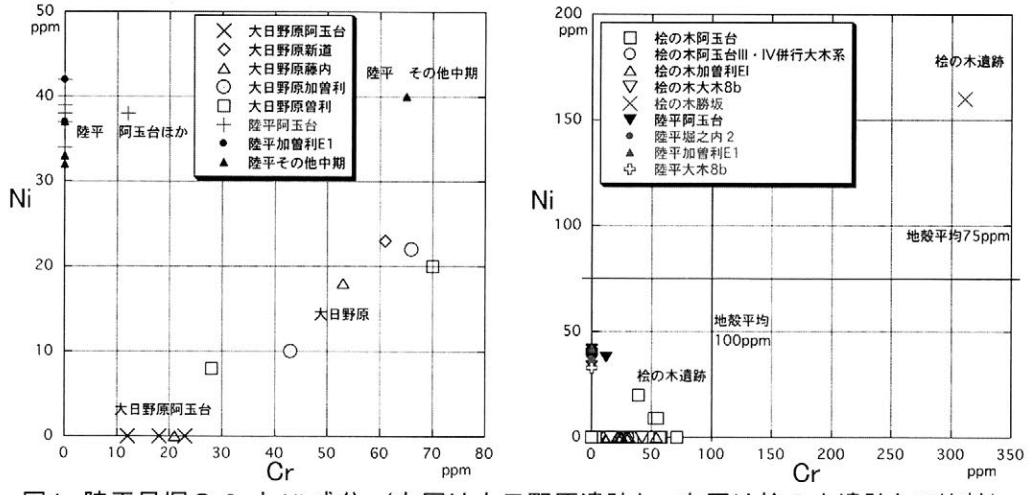


図1　陸平貝塚の Cr と Ni 成分（左図は大日野原遺跡と、右図は桧の木遺跡との比較）

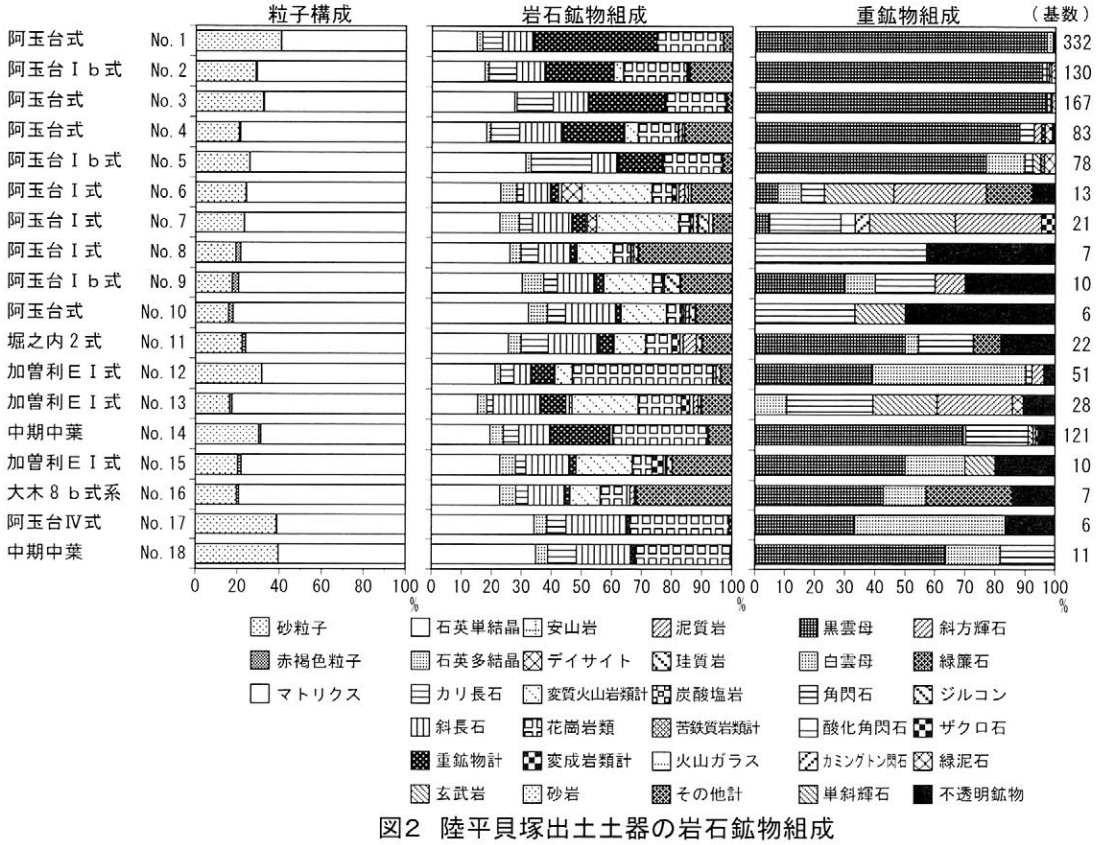


図2　陸平貝塚出土土器の岩石鉱物組成

笛吹市前付遺跡出土の貯蔵された砂の産地
—土器原料の産地推定における意義—

Provenance study of the stored sand excavated from Maetsuki site in Fuefuki city — Significance in the locality estimation of pottery raw materials —

○河西学・宮澤公雄・櫛原功一・望月秀和（帝京大学文化財研究所）

はじめに

山梨県笛吹市寺尾の前付遺跡は、緑色変質した火山岩類の多い新第三系から構成される御坂山地の前縁に形成された台地上に位置する。前付遺跡では、縄文時代中期曽利Ⅱ式期のSI29号住居跡内において石囲い炉北側の床面に粘土塊や台石とともに頸部まで砂で満たされた曽利Ⅱ式土器が正位で出土した。粘土塊は、細い粘土紐や指頭圧痕が残る不定形塊状を呈し、出土状況から土器製作に関連したものと推定されることから、曽利Ⅱ式土器中の貯蔵砂も土器製作原料の可能性が想定される。ここでは、貯蔵砂、遺跡周辺河川砂、粘土塊および出土土器との関係を明らかにするため、粒度分析や岩石鉱物分析を行った。

試料と分析方法

試料は、前付遺跡出土の貯蔵砂、周辺河川砂（間門川・蟹沢川・笛吹川）、SI-29号住居跡出土の粘土塊や曽利Ⅱ式土器片を用いた。砂試料は、風乾後、分析篩を用いて粒度分析を行った。また砂試料、粘土塊、土器試料は、エポキシ樹脂で固めた後、薄片を作製し、フッ化水素酸蒸気でエッチングし、コバルチ亜硝酸ナトリウム飽和溶液でカリ長石を黄色に染色してプレパラートとし、ポイントカウント法で粒径0.05mm以上の岩石鉱物粒子を計数した。

結果と考察

貯蔵砂の粒度分布は、分級度が普通～やや良く、尖度が突出している点で笛吹川砂と類似性が高く、分級度が悪く尖度が中間的な遺跡に隣接する間門川砂・蟹沢川砂とは異なる（図1）。貯蔵砂の岩石鉱物組成は、花崗岩類とその構成鉱物から主に構成され、ホルンフェルス・デイサイトをわずかに伴い、重鉱物組成では黒雲母が多く角閃石が続く特徴があり、笛吹川の砂と類似性が高い（図2）。間門川・蟹沢川の砂は、御坂山地の新第三系地質を反映し緑色変質火山岩類が多く、重鉱物組成では緑簾石・単斜輝石・斜方輝石などが多い。粒度分布や岩石鉱物組成の結果から貯蔵砂は、遺跡から少なくとも約2km以上離れた笛吹川の河川砂あるいは沖積堆積物である可能性が推定される。

粘土塊は、砂の含有が多く、貯蔵砂の岩石鉱物組成と共通する部分が多い一方、緑色変質火山岩類・緑簾石・単斜輝石・斜方輝石など貯蔵砂には含まれない岩石鉱物が少量ながら含まれる（図3）。このことは、粘土塊の岩石鉱物組成が、間門川・蟹沢川の砂の組成で代表される地元地質と貯蔵砂との混和によって生じた可能性を示唆する。

前付遺跡出土土器は、粘土塊の岩石鉱物組成と類似性が高いが、重鉱物組成ではNo.3が粘土塊と類似性が高い一方、Nos.2,4,5は緑簾石・黒雲母・不透明鉱物が主体で角閃石が少ない組成を示すなど多様性が認められる。前付遺跡土器は、同じ花崗岩類とその構成鉱物を主体とする釈迦堂遺跡の曽利Ⅳ式土器胎土と比較すると、緑色変質火山岩類や緑簾石の出現に地域的特徴がある。粘土塊と類似性の高い土器胎土が存在することから、粘土塊が土器作りに利用された材料の一部である可能性が高い。また同様に貯蔵砂が土器原料であった可能性を示唆する。

土器原料の産地推定における意義

貯蔵砂や粘土塊の出土例は、土器作りにおける原料がどのように調達されて利用されているかを具

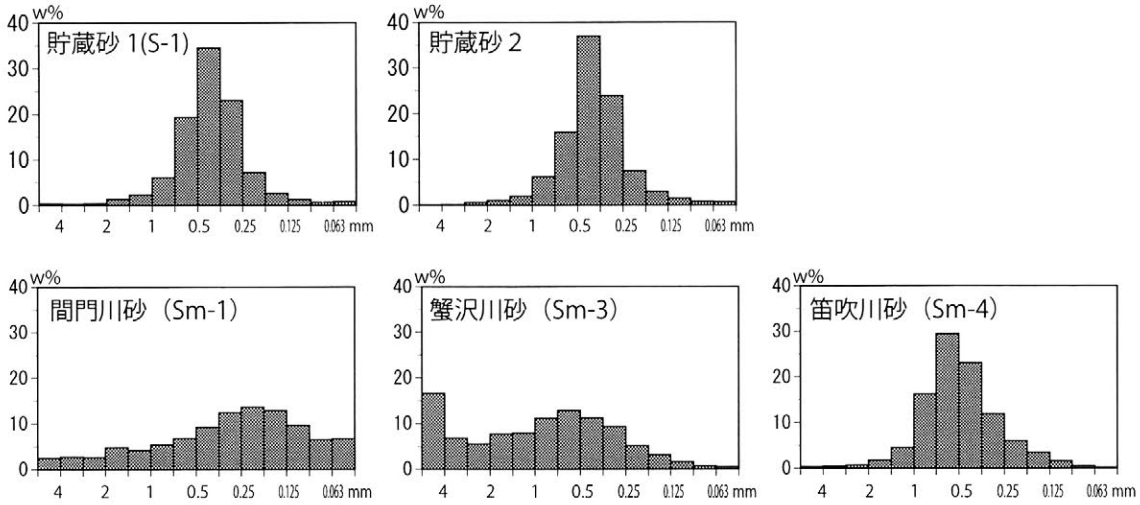


図1 笛吹市前付遺跡出土貯蔵砂および周辺河川砂の粒度頻度分布図

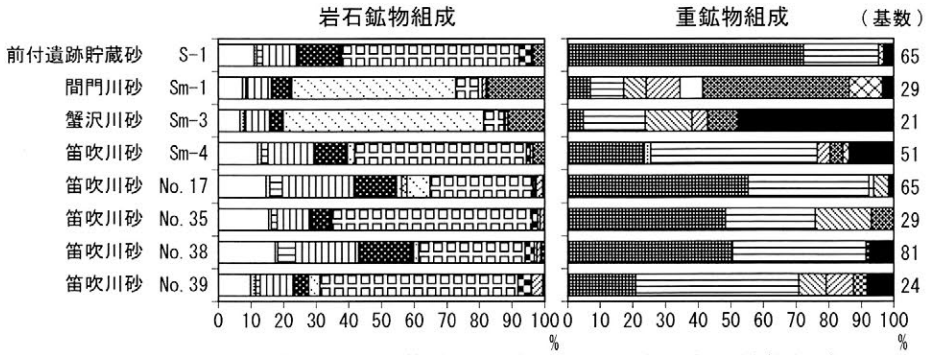


図2 笛吹市前付遺跡出土貯蔵砂および周辺河川砂の岩石鉱物組成

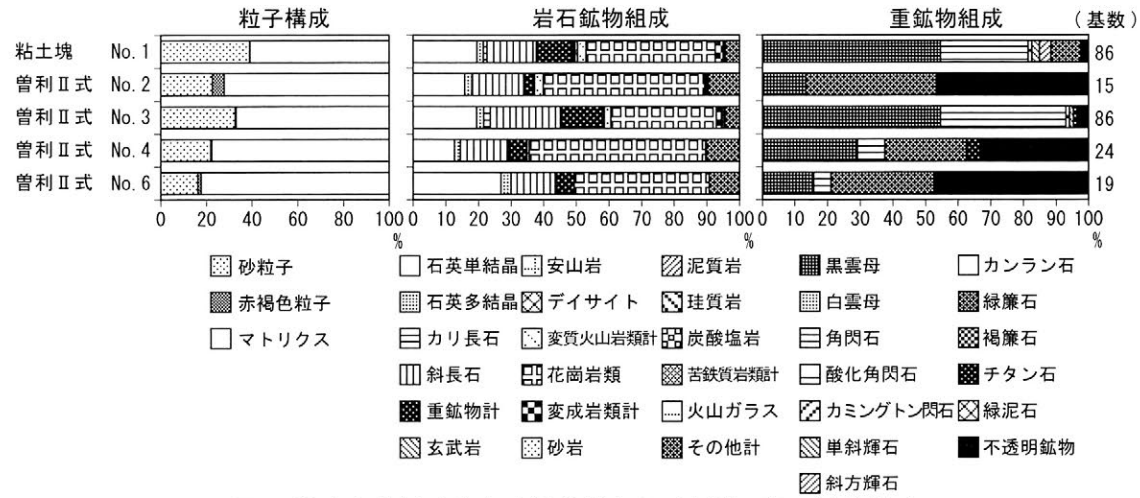


図3 笛吹市前付遺跡出土粘土塊および土器の岩石鉱物組成

体的に示す事例として重要である。河川砂が土器原料として利用されている点、それらが 2km 以上離れた地点から搬入されている点、他地域からの原料と地元原料を混和している点などが推定され、混和しても地元地質を反映した岩石鉱物が識別可能である点が確認された。土器の原料産地・製作地の推定は、遺跡が立地する地質を基準に従来推定されてきたが、遺跡周辺のある範囲の複数地質の利用の可能性も考慮してなされる必要があることが示された。具体的事例の蓄積により、利用原料の種類や利用範囲の距離などが明らかになることで土器の原料産地・製作地の推定精度の向上が期待される。

九州北部地方における朱の流入と画期

Transition of original sources of vermilion used in the burial mounds in Northern Kyushu

○河野摩耶(近畿大学)、南　武志(近畿大学)、今津節生（九州国立博物館）
○Maya Kawano , Takeshi Minami (Kinki Univ.), Setsuo Imazu (Kyushu National Museum)

1. はじめに

弥生時代中期から古墳時代前期にかけて北部九州ではふんだんに朱が施された墳墓が多数存在する。我々は、墳墓に用いられた朱の産地推定を行っており、前回の文化財科学会では北部九州を３地域に細分し、弥生時代中期から古墳時代前期かけての朱の産地変遷を考察した（河野他 2013)。その結果、北部九州地方では弥生時代中期から古墳時代前期末まで中国産朱が使用されていたことを確認し、これに対し出雲などの他地域では中国産朱から国産朱へと時代とともに変遷していることを報告した。そこで今回、さらに時期的・地域的範囲を広げてその産地を推定することで、弥生時代中期から古墳時代前期における北部九州における大陸からの朱の流入の契機と画期について考察を加えた。

2. 材料と方法

分析には、吉野ヶ里遺跡（佐賀県、弥生時代中期前半)、安永田遺跡（佐賀県、弥生時代中期後半)、三雲南小路遺跡（福岡県、弥生時代中期後半)、浦江遺跡５次（福岡県、弥生時代中期)、峯遺跡（福岡県、弥生時代中期末)、カルメル修道院（福岡県、弥生時代中期後半)、吉武樋渡遺跡（福岡県、弥生時代中期末)、井原鑓溝遺跡（福岡県、弥生時代後期前半）より採取された遺跡朱を関係者の了解を得たのち硫黄同位体比分析を行い、古文書や大量の朱鉱石が地表近くに存在するなどから考察し、古代の朱採取産地と考えた中国貴州省満山特区鉱石、中国陝西省青銅地区鉱石、三重県丹生鉱山鉱石、奈良県大和水銀鉱山鉱石、および徳島県水井鉱山鉱石の硫黄同位体比と比較した。硫黄同位体比は前報(Minami et al., 2005)に従い行い、測定サンプルの ^{32}S と ^{34}S の割合をキャニオン・ディアブロ隕石の割合と比較し、千分の１（$\delta\,^{32}S‰$）で算出した。

3．結果および考察

北部九州における厚葬墓の出現は弥生時代前期末の吉武高木遺跡とされているが、朱の存在については不明である。弥生時代中期前半の吉野ヶ里遺跡北墳丘墓ではマイナス値の朱が検出された。値からは三重県丹生鉱山産の値に近い。しかし、丹生鉱山のある伊勢地域との交流を示す痕跡が見当たらないことから、丹生鉱山産朱の使用は考えにくいと推察し

た。その一方、大陸の朱鉱山を見ると、古くから朱を採取していた貴州省や陝西省の鉱山ではプラスのδ値が得られているが、朝鮮半島の基部にあたる吉林省の朱鉱山ではマイナスのδ値が報告されている。吉野ヶ里遺跡北墳丘墓からは朝鮮半島系の副葬品（有柄式銅剣等）を含んでいることから、朱も吉林省を含む朝鮮半島周辺からもたらされた可能性を考えておきたい。

一方、弥生時代後期初頭になると糸島地域を主体にプラスのδ値を示す遺跡朱が多く出現した。遺跡出土朱の硫黄同位体比がマイナスのδ値からプラスのδ値に転換する時期は、福岡県三雲南小路遺跡と井原鑓溝遺跡の間と推察している。両墳墓は魏志倭人伝に登場する王墓系譜につながる二つの遺跡であり、三雲南小路遺跡では、多量の中国鏡が遺跡より出土して注目されている。ところが三雲南小路遺跡出土朱の硫黄同位体比は、マイナスのδ値を示しており、前代からの流れを引いている可能性が示唆される。一方、同様に中国産の銅鏡が出土した井原鑓溝遺跡出土朱は大きくプラスのδ値を示した。井原鑓溝遺跡は三雲南小路遺跡より数代経た王墓とされていることから、この期間に朱の産地が変化した可能性が高い。

４．まとめ

本研究では、前回の研究で明らかにした弥生時代後期初頭からプラス値の朱が現れ古墳時代初頭からマイナス値へ移行する以前に、弥生時代中期前半に朝鮮半島系の副葬品を伴ってマイナス値の朱が現れ、弥生時代後期初頭には中国産銅鏡等の副葬品に伴ってプラス値の朱へ変化することを指摘した。

今後は、さらに朱の同位体比分析結果と考古学的な成果と合わせて考えていくことで、大陸からの朱の流入の契機と画期について歴史的な評価ができることが期待される。

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

河野摩耶 他「北部九州における朱の産地」『日本文化財科学会第 30 回大会発表要旨集』54-55 (2013).

都市江戸の武家屋敷から発掘された三楽園焼とその類似品の産地同定に関する産地同定研究

Provenance study of “SANRAKUEN YAKI” and the similar porcelains excavated from samurai residences in the city of Edo

○新免歳靖（東京文化財研究所）、水本和美（東京藝術大学）、
粕谷　崇（白根記念渋谷区郷土博物館・文学館）、二宮修治（東京学芸大学）

1. はじめに

三楽園焼は、紀州藩付家老新宮城主水野忠央（1814-1865）が安政年間（1852-1860）に江戸下屋敷において紀州藩偕楽園御庭焼を模して作られたとされる御庭焼である。筆者らは、水野家の下屋敷の調査例である東京都新宿区水野原遺跡１次調査において、出土した三楽園焼の製作に関わる良好な一括出土資料群ついて、水本は考古学的立場から、新免・二宮は自然科学的立場から分析・検討した。その結果、三楽園焼の製作のうち少なくとも色絵の施釉工程が水野家下屋敷で行なわれたことを明らかにした。また、考古学的な目視観察によって磁器製品には２種類の胎土（三楽園焼磁器Ⅰ群、三楽園焼磁器Ⅱ群）が確認されたが、胎土分析によって化学組成を肥前磁器などと比較したところ、Ⅰ群は紀州の南紀男山焼磁器と、Ⅱ群は瀬戸美濃磁器と類似した胎土であることを確認した。そのため、Ⅰ群については紀州男山陶器場で焼成され、江戸屋敷に持ち込まれた可能性も想定できることとなった。一方でⅡ群は、化学組成が瀬戸美濃磁器と完全に一致するかけではなく、関西系磁器といわれる、産地の詳細が不明な磁器の可能性もあり、明確な生産地は依然不明のままである（水本ら 2009）。

さらに、三楽園焼は『南紀徳川史』において「失敗した」と記されている一方で、非常に少ないものの伝世品も存在する。その製作と流通を巡ってはいまだ未解明部分が多い。また、近年では製作地と推定される水野原遺跡以外の都内遺跡で、少数ではあるが三楽園焼に類似した磁器が確認されはじめている。三楽園焼の製作と受容の実態解明を行なうには、このような消費地遺跡から出土した三楽園焼類品についてのデータを蓄積し、種類や製作年代を比較していく必要がある。そこで、本研究では、水野原遺跡の調査以降に出土した東京都千代田区四番町遺跡と同渋谷区千駄ヶ谷五丁目遺跡から出土した三楽園焼類似磁器について胎土分析を行い、化学組成から三楽園焼磁器との関係性の検討を行った。

2. 分析資料

分析対象の三楽園焼類似磁器は、四番町遺跡第２次調査出土資料２点（Chb001・002）、千駄ヶ谷５丁目遺跡第３次調査出土資料２点（SS5-1・2）の合計４点である。いずれの資料も銘が記されていないが、作風や上絵付釉薬（交趾釉）の様子から三楽園焼の磁器製品と非常に類似する。水野原遺跡から出土した三楽園焼磁器の中にはChb002と同種類の資料は認められているが、Chb001、SS5－1・2と同一のものは認められていない。胎土の化学組成を比較するにあたり、三楽園焼磁器（Ⅰ・Ⅱ群）、肥前産磁器、瀬戸・美濃産磁器、南紀男山焼磁器の分析データを用いた（水本ら 2009）。

3. 分析方法

分析には、ICP発光分光分析を用いた。分析機器はセイコー電子工業製SPS1200A、SPS1600である。資料から小片を分取後、粉末化し、約50mg程度を分析に供した。試料の溶液化はテフロン加圧分解容器を用いた酸分解法によった。測定元素は、主成分元素８元素(Ti、Al、Fe、Mn、Mg、Ca、Na、K)、微量成分元素２元素(Sr、Ba)の計10元素で、酸化物として示した。磁器の主要成分Siは溶液化する際に揮発させるため測定することはできないが、主成分８元素の合計値を100%から引いた残差をSiO_2の推定値とした。定量分析の標準試料には、GSJ(Geological Survey of Japan)配布の標準岩石JB-1a(玄武岩)とJG-1a(カコウ閃緑岩)を用いた。資料胎土の化学組成の特徴を明らかにするために、測定元素濃度によるクラスター分析を実施した。クラスター分析にはIBM社製SPSS21.0Jを使用した。距離尺度には標準化ユークリッド平方距離、分類手法にはWard法を選択し、Z得点で標準化した。分析変数には測定10元素を用いた。

4. 分析結果

表１にICP－AESによる胎土分析結果、図１にクラスター分析結果の樹形図（デンドログラム）を示す。

三楽園焼類似磁器のうち、SS5-1・2、Chb002の3点が三楽園焼磁器Ⅰ群と南紀男山焼磁器と同一のクラスターを形成した（Aグループ）。SS5-1・2、Chb002は三楽園焼Ⅰ群と類似性の高い胎土原料によって製作されていると判断できる。Chb001は南紀男山焼磁器（Bグループ）と同一のクラスターを形成した。Aグループ資料とは独立したクラスターを形成しており、Aグループとは異なる化学組成の胎土を持つグループと考えられる。Chb001の胎土は南紀男山焼磁器の範疇に入るものではあるが、現時点では三楽園焼磁器の胎土と同一のものとは判断できない。

5. 考察

この分析結果で三楽園焼と同定し得ない理由を述べる。紀州の南紀男山陶器場は、紀州藩の出資のもと半官半民の窯として経営された。その窯跡からは、南紀男山焼と呼ばれる磁器とあわせて、紀州藩の「偕楽園製」銘（偕楽園焼）や「三楽園製」の銘（三楽園焼）の磁器の素地が確認され、紀州本藩の偕楽園焼とともに三楽園焼の製作が南紀男山焼磁器場で行われた。つまり、本藩の偕楽園焼と三楽園焼は材料を同じくする可能性がある。しかも、三楽園焼は、元来紀州本藩の偕楽園焼をまねており、その作風が酷似する。窯跡と資料の体系的な調査が行われていないため、不明な部分が多いが、少なくとも筆者らの分析により、水野原遺跡出土の南紀男山焼磁器と三楽園焼磁器Ⅰ群は同じ胎土原料による製作と判断している。そこで、あらためて「三楽園焼」の定義の問題が浮かび上がる。水野原遺跡（2次製作地）以外で出土した銘を持たない、三楽園焼類似の磁器については、南紀男山焼の範疇に入るものであっても、三楽園焼磁器と断定し得ないことになる。つまり、胎土でも作風でも決定できない資料が存在することとなり、三楽園焼の定義は非常に難しいのである。今回の分析では、Chb001のように胎土の化学組成的に三楽園焼Ⅰ群とは異なるグループとなり、資料的には三楽園焼に類品がない資料であった。これらの点を鑑みると、現在のところ、本資料は南紀男山焼系磁器という範疇におさめるしかないが、こうした事例の蓄積によりいずれは紀州本藩の偕楽園焼と三楽園焼を把握できよう。製作のプロセスを重視しつつ、考古学的な調査と化学分析結果の両者を突き合わせることで、このような特殊な磁器の実態を解明していく他ない。

参考文献　水本和美・新免歳靖・二宮修治　2009「紀伊徳川家の付家老新宮水野家の御庭焼「三楽園焼」～考古学および自然科学分析からみたその実態～」『国立歴史民俗博物館研究報告』　第153集　国立歴史民俗博物

表1　三楽園焼類似磁器の胎土分析結果（Sr・Baはppm、他は%）

No.		TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	合計	SiO_2（推定）	Sr	Ba
Chb001	三楽園焼類似磁器	0.24	18.1	1.39	0.02	0.23	0.09	0.38	5.20	25.6	74.4	96	680
Chb002	三楽園焼類似磁器	0.19	15.5	1.06	0.00	0.17	0.08	0.33	4.31	21.6	78.4	73	406
SS5-1	三楽園焼類似磁器	0.10	14.2	0.96	0.01	0.12	0.05	0.35	3.32	19.1	80.9	53	291
SS5-2	三楽園焼類似磁器	0.10	14.2	0.95	0.00	0.13	0.03	0.31	3.37	19.1	80.9	52	289

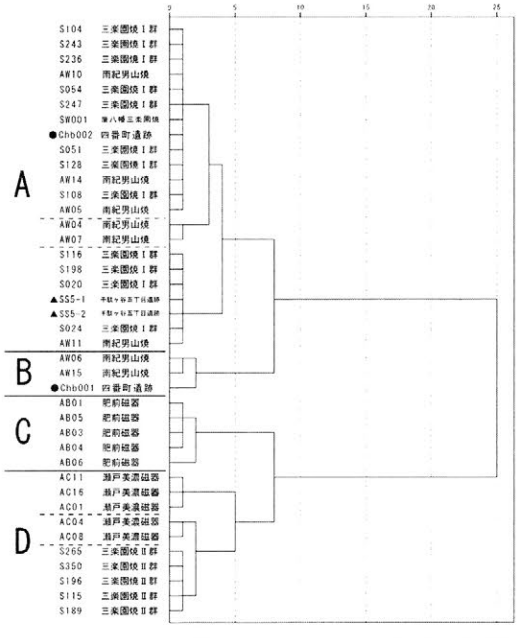


図1　クラスター分析結果（●▲：三楽園焼類似磁器）

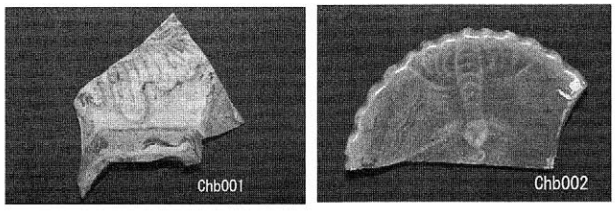


写真1（上）・2（下）　四番町遺跡第2次調査出土資料

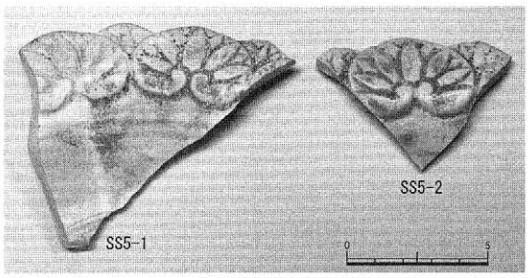


写真3　千駄ヶ谷5丁目遺跡第3次調査出土資料

トルコ共和国、ビュクリュカレ遺跡出土土器の重鉱物組成分析による産地推定

Provenance of pottery from Büklükale, Turkey by heavy mineral analysis using SEM-EDS

○関本　敦久、橋本　一茉、中井　泉（東京理科大学）
○Atsuhisa SEKIMOTO, Kazuma HASHIMOTO and Izumi NAKAI(Tokyo University of Science)

1. 序

我々は走査型電子顕微鏡（SEM-EDS）を用いた重鉱物組成分析による土器の産地推定法を確立し、これまでにトルコ共和国・中央アナトリアの考古遺跡より出土した様々な土器へと適用してきた[1,2]。その中でカマン・カレホユック遺跡から出土したクリーム色土器の産地推定を行い、遺跡近郊の粘土を用いた在地品の他に、遠方から搬入してきた土器が多数存在することが明らかとなった。カマン・カレホユック遺跡の西方約35kmに位置するビュクリュカレ遺跡（発掘隊長：松村公仁氏）からも同種の土器が出土しており、その産地を解明することは当時の中央アナトリアにおけるクリーム色土器およびその製作技術の流通を考察する上で重要である[3]。また、同遺跡の巨石建造物の地下室が近年の発掘調査により検出され、2種類の形状に規格化された糸切り痕土器が大量に出土した（椀型土器：約3000点、注口土器：約130点）。出土状況より特定の地域で大量生産された可能性が考えられ、当時同遺跡では大規模な土器生産活動が行われていた可能性を示唆している。そこで本研究では、ビュクリュカレ遺跡より出土したクリーム色土器および糸切り痕土器の重鉱物分析を行い、その産地を推定することを目的とした。

2. 手法

分析試料はビュクリュカレ遺跡の後期青銅器時代の層から出土したクリーム色土器15点と糸切り痕土器4点（椀型2点、注口型2点）である。さらに遺跡周辺で採取された堆積物55点についても分析し、産地推定のための比較に用いた。土器試料は粉砕し、土器試料・堆積物試料ともに洗浄、篩がけ（255μm）を行った。その後、重液分離（比重2.82）によって地質的情報を多く含む重鉱物のみを抽出した。得られた重鉱物をガラス板上に樹脂包埋し、SEM-EDSを用いて重鉱物を1試料あたり200粒程度同定し、その存在割合から重鉱物組成を求めた。分析手法の詳細は文献に記述された方法で行った[1,2]。堆積物試料について重鉱物組成から数種類のAreaに分類し、さらに土器試料の重鉱物組成を堆積物試料の重鉱物組成と比べることで、土器に使われた粘土の採取地を推定した。

3. 結果と考察

堆積物試料のサンプリング地点を図1に、土器試料と堆積物試料の重鉱物組成の例を図2に示した。堆積物試料は重鉱物組成のパターンから8つのAreaに分類され、その分類結果を図1に数字で示した。この際、地質図を参照し特性化に有効と考えられる重鉱物を選択し、分類を行った。その結果、本研究で分析した土器試料はすべて同じ重鉱物組成パターンを持つことがわかった。その特徴は多くの種類の重鉱物を含む組成で、単斜輝石と角閃石を30%程度、そしてスピネルを含んでいた。この特徴はArea 1の堆積物の重鉱物組成と一致していることが分かる。Area 1の堆積物試料のサンプリング地点は、遺跡近郊を流れるクズルウルマック川である。したがって、分析を行った土器試料は、この川の粘土を用いてビュクリュカレ遺跡で作製された可能性がきわめて高い。このことより、当時のビュクリュカレではクリーム色土器を製作する技術を持っていた可能性が示唆された。また、糸切り痕土器はビュクリュカレで大量生産されていたことが

考えられ、当時の土器製作状況の一端を明らかにすることができた。

【謝辞】貴重な土器試料を本研究にご提供いただき、様々なご指導をいただいたアナトリア考古学研究所の松村公仁先生ならびに大村幸弘先生に深く感謝いたします。

【参考文献】

1) W.S.K. Bong, K.Matsumura, K.Yokohama, and I. Nakai, Provenance study of early and middle bronze age pottery from Kaman-Kalehöyük, Turkey, by heavy mineral analysis and geochemical analysis of individual hornblende grains, Journal of Archaeological Science 37, 2165-2178(2010).

2) K.Hashimoto, I.Nakai, and A.Schachner, Provenance Study of Pottery from Boğazköy, Turkey by Heavy Mineral Analysis: a Preliminary Report, Archäologischer Anzeiger, 177-193(2013)

3) 河野由布子, 高エネルギー放射光蛍光 X 線分析を利用した古代土器の産地推定, X 線分析の進歩 44, 197-205(2013)

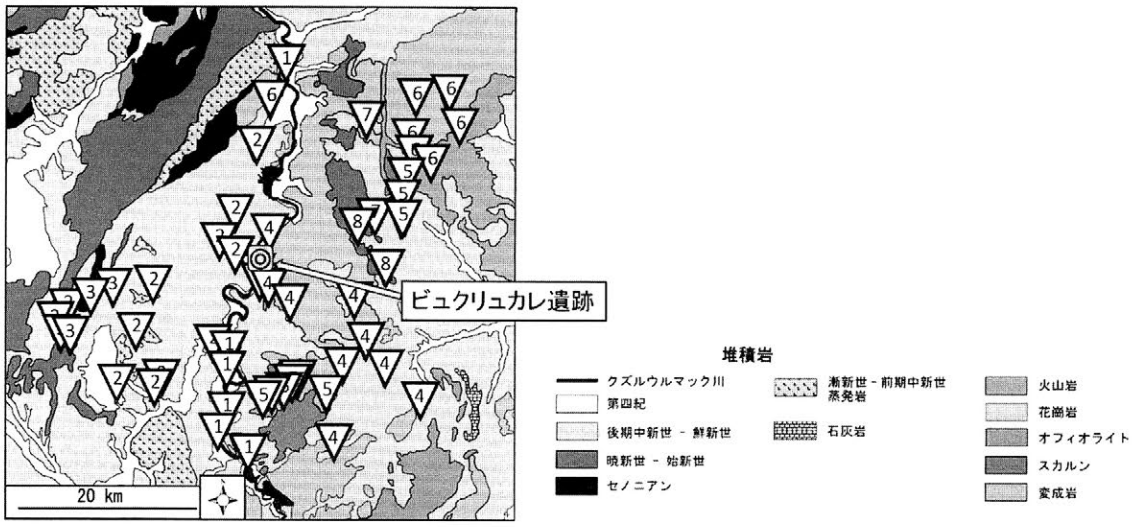


図 1 ビュクリュカレ遺跡周辺堆積物試料の採取場所及び分類

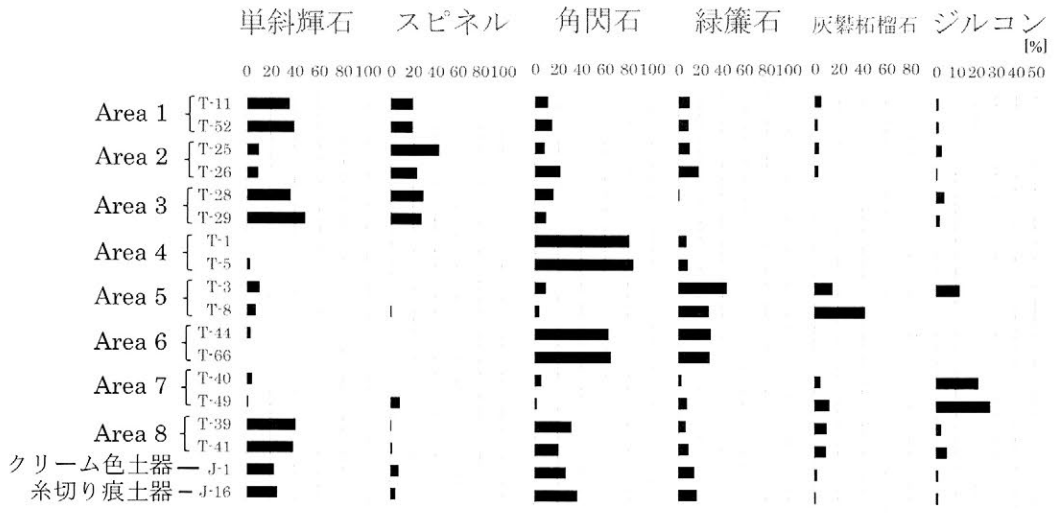


図 2 重鉱物組成による堆積物の分類と土器試料の重鉱物組成

低視覚属性の検討と蛍光X線分析による弥生土器製作の解釈

Interpretation of Yayoi pottery making by investigation of low-visibility attributes and X-ray fluorescence analysis

○黒木梨絵（（公財）鹿児島県文化振興財団埋蔵文化財調査センター）・新屋敷久美子（同）・中園　聡（鹿児島国際大学）・平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）

○ Rie Kuroki (Kagoshima Prefectural Archaeological Center), Kumiko Shin'yashiki (KPAC), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima), Hiromi Hirakawa(IUK Graduate School)

はじめに

我々は、土器の型式学的検討であまり注意されてこなかった口縁部下面の接合痕や指頭圧痕、突帯の取り付け方、底面の調整といった低視覚的属性は、土器製作者の技術やモーターハビット、あるいは土器に対する認識のしかた・態度などを明らかにするうえで重要な情報であることを主張し、検討を行っている（黒木2013, 2014；黒木・新屋敷2014；黒木ほか2014）。本発表は、低視覚的属性の検討と蛍光X線分析による胎土分析結果から、弥生土器製作者の理解を図るものである。

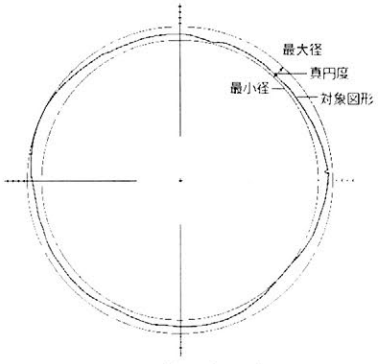


図1　真円度の計測

胎土の化学特性の把握は、粘土採取や素材の採取や素地の調整を含む、製作者の行為や動作連鎖、製作者の意思決定・判断レベルの解明などに深く関わるといえる。これまで土器の形態や属性と胎土との対照は行われてきたが、より微細な属性の観察や、口縁部の真円度の計測による口縁部上面観の歪みなどの新たな属性を加えることが有効であると思われる。そこで、弥生時代中期において一遺跡内に複数の土器様式が混在する鹿児島県薩摩川内市所在の上新田遺跡を中心として、胎土分析結果（富山・中園2013）と、土器の低視覚的属性の詳細観察や口縁部の歪みなどの検討を行った。

検討結果

上新田遺跡では、在地様式の入来II式を主体とし、肥後系の黒髪式、北部九州系の須玖式などの外来様式が少なからず出土しており、外来様式の影響と思われる在地様式の変容形・折衷形もみられる。胎土分析により、在地様式と外来様式の胎土の化学特性が異なることなどが指摘されている（富山・中園2013）。

低視覚的属性の検討では、口縁部上面観の歪みの程度に差があることを確認した。真円度の計測（図1）により、正円に近い外来様式／ややいびつな在地様式といった差が認められ、真円度は、口縁部調整の強度・丁寧さを反映するといえる。さらに、口縁部にはいずれもヨコナデが採用されているが、調整の強度・丁寧さに反映するように、口縁部下の調整の強度に様式間で差がみられた。在地様式は、外来様式と比して口縁部のヨコナデが弱い傾向にあり、端部は凹凸でうねりがある。突帯の貼り付け方にも、整形時の調整の強度・丁寧さが反映されており、様式間での差が認められた。さらに、突帯の調整の強度・丁寧さは、口縁部の調整の程度との相関性があり、土器製作者の技術やモーターハビットが反映される部位であることを確認した。さらに、在地様式は、同一様式内で口縁部の真円度や調整の程度にばらつきがあることが確認された。これは、単に製作技術が未熟であったというわけではなく、個体による程度の差や、様式内での規格性の緩さを示すと考えられる。土器製作者たちが社会・文化の中で許容していた程度の差ということができ、非在地様式とは異なるハビトゥスを持っていたといえよう。

以上のような低視覚的属性の様式間の差異と、各様式の胎土の化学特性の差は相関している（図2）。在地様式の値はまとまって布置されており、基本的に在地系は遺跡近隣の素材を使用したと推定できる。外来様式の胎土の差は、在地生産品ではないことを示唆しているが、もし在地製作としても在地様式とは異

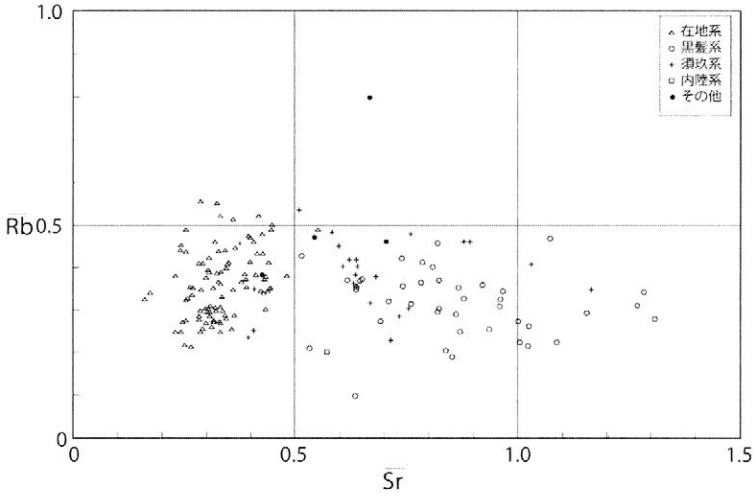


図2　胎土分析結果（Rb－Sr 分布図）

図3　変容形土器

なる素材が選択されたと推定される。

外来様式の影響とみられる変容形・折衷形（図 3）の胎土は、在地様式のグループに布置された。このことは、在地様式と折衷的要素を持つ個体との間に素材の採取地やその調整に共通性があることを示し、製作者の行為（不可視的な胎土調整レベル）での共通性と、口縁部形態や胴部付加要素などの外見的な差異の存在が指摘できる。さらに、変容形・折衷形の製作者については、在地の粘土素地を使用した、在地様式の製作技術を保持した者と考えられる（cf. 中園 1993）。さらには素地の化学特性に在地様式と差がなく、全体的なプロポーション・製作技術が在地様式のものであったことは、製作過程における動作連鎖の中で、口縁部形態や突帯等の胴部付加要素を付けるか否かといった意思決定が製作の最終段階でなされていたという解釈も可能になる。口縁部形態や胴部付加要素（突帯）といった高視覚的属性が特に模倣されたということも示す。また、口縁部の調整の度合いなどの微細な特徴が在地様式に類似する点からも、土器製作者の製作技術やモーターハビットが低視覚的属性に表れているといえる。

おわりに

低視覚的属性の検討に加え胎土分析を行うことで、土器様式間の明確な差異や、土器様式内での規格性の程度、土器製作者の製作技術・変異の許容度などについても追及可能であり、その有効性を示すことができた。こうしたアプローチは、文化的・集団的な土器製作者の態度の差をより深く理解するのに役立つとともに、従来より高い確度で製作地を把握したり、製作者の出身地を把握したりすることも可能になると思われる。さらには、土器製作者個々人の差や変異を把握することにも拡張可能であると考えられるため、こうした方法を洗練させるとともに、大いに適用していく必要がある。

※JSPS 科研費・基盤研究（B）（26284124）の成果の一部である。

文献

黒木梨絵（2013）「土器形態における低視覚的属性の検討―製作者の態度に関する認知考古学的視点―」『日本情報考古学会講演論文集』11：55-62

黒木梨絵（2014）「土器形態における低視覚的属性の検討―製作者の態度に関する認知考古学的視点―（第２報）」『『日本情報考古学会講演論文集』12：35-36

黒木梨絵・新屋敷久美子（2014）「土器形態における低視覚的属性とその検討方法―製作者の態度に関する認知考古学的研究の基礎として―」『日本情報考古学会講演論文集』12：88-90

黒木梨絵ほか（2014）「土器における低視覚的属性への着目と検討」『日本考古学協会第 80 回総会研究発表要旨』pp.164-165

中園聡（1993）「折衷土器の製作者―韓国勒島遺跡における弥生土器と無文土器の折衷を事例として―」『史淵』130：1-29

富山孝一・中園聡（2013）「鹿児島県薩摩川内市上新田遺跡出土弥生土器の蛍光 X 線分析」『縄文の森から』6：13-24

縄文時代チャート製石器の産地推定-京都市高野川のチャート礫の調査-

Sourcing chert artifacts of Jomon period: Survey of chert gravels in the Takano River in Kyoto

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

1. 目的

先史時代における人間の石材獲得行動を解明するには、石材移動の起点（＝産地・採集地）を確定させる必要がある。近畿地方北部の丹波帯で産出するチャートは、考古学の視点から広域的に調査されたことがない。そこで、丹波帯から流れ出る各河川や流域の露頭において、どのような特徴のチャートが採集できるのかを調べ、丹波帯チャートの体系的なデータを整備していくことにした。

手始めに、京都市高野川とその近くの一乗寺向畑町遺跡のチャートをあつかう。

2. 調査対象と方法

高野川の各地点（図 1、P1～9）のチャート礫を対象に、色調、円磨度、衝撃痕を観察した。同時に、流域のいくつかの露頭（図 1、OP1～5）において、層状チャートの色調を観察した。

また、一乗寺向畑町遺跡の北部・中央地区（縄文時代後期主体）と南部地区下層（縄文時代早期末前期初頭）から出土したチャート製の打製石器 33 点を対象に、色調や自然面の特徴などを観察した。

そして、河川・露頭のチャートと遺跡出土のチャートとを比較し、採集地を推定した。

3. 結果

高野川のチャート礫は、黒を基調色とし、白色半透明の節理をもつもの（A 類）と、暗紫灰～暗赤褐を基調色とし、白色半透明の節理をもつもの（B 類）に大別される。どちらも節理が多い。節理が少なく石器製作に適したものは稀である。円磨度については、高野川の全長が約 19km と短いためチャート礫の円礫化が進まず、円磨度 3 以下の礫がほとんどである（表 1）。これに伴い、衝撃痕も発達していない。

OP1（高谷川）、OP2（三谷川）、OP3（岩倉盆地東部）、OP5（高野川と岩倉川の合流部付近、図 2）の露頭では、A 類の礫の供給源と考えられる黒色の層状チャートがみられた。OP4（岩倉盆地西部）の露頭は、風化が激しく本来の色調が判然としなかったが、付近の二次堆積層中にみられた赤褐色の礫は、付近の層状チャートの本来の色調を示すものとみられる。

一乗寺向畑町遺跡出土のチャート製石器 33 点のうち、25 点が緑色系（緑灰、灰オリーブ、緑黒など）、6 点が暗赤褐色、2 点が黒色であった。どれも節理が少なく良質の石材である。暗赤褐色の石器のなかには、放散虫化石を多く含み、衝撃痕が発達している円礫を素材とするものがあった（図 3、図 4-6）。

4. 考察とまとめ

遺跡出土のチャートの大部分を占める緑色系は、高野川では全く産出せず、他の河川由来である。暗赤褐色チャートと黒色チャートは、高野川のものと類似する。これらは在地石材として高野川で獲得されたと考えるのが自然である。ただし、図 4-6 のような衝撃痕が密集したチャート円礫は、高野川ではほとんどみられないので、暗赤褐色チャートすべてが高野川で採集されたと即断することはできない。

今回の調査によって、チャートの色調、節理の多寡、円磨度、衝撃痕などが、産地を限定するために有効な観察項目であることが明らかになった。今後は、河川調査と遺物実見を繰り返すことで、丹波帯チャート産地データを整備・拡充していきたい。

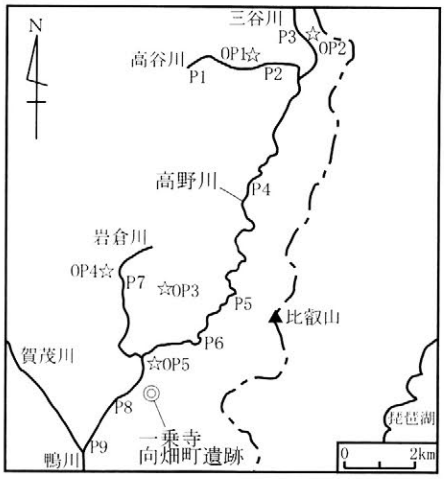


図 1 遺跡の位置と調査地点

表 1 チャート礫の色調と円磨度

地点		観察点数	A類	B類	円磨度1	円磨度2	円磨度3	円磨度4	円磨度5	円磨度6
P1	高谷川起点	11	10	1	10	1	0	0	0	0
P2	天ケ岳登山口	37	37	0	21	12	4	0	0	0
P3	三谷川	25	25	0	20	4	1	0	0	0
P4	大原	22	22	0	2	13	6	1	0	0
P5	宮の田	17	10	7	2	6	7	1	1	0
P6	八瀬比叡山口駅	24	23	1	1	11	11	1	0	0
P7	岩倉川	4	2	2	2	2	0	0	0	0
P8	高野橋	16	11	5	0	8	7	1	0	0
P9	出町柳	31	30	1	0	8	21	2	0	0

円磨度は、1（超角礫）、2（角礫）、3（亜角礫）、4（亜円礫）、5（円礫）、6（超円礫）の6区分

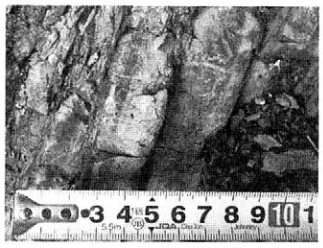


図 2 層状チャート（OP5）

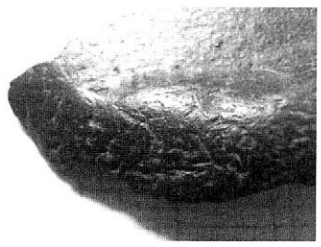


図 3 自然面に残る衝撃痕

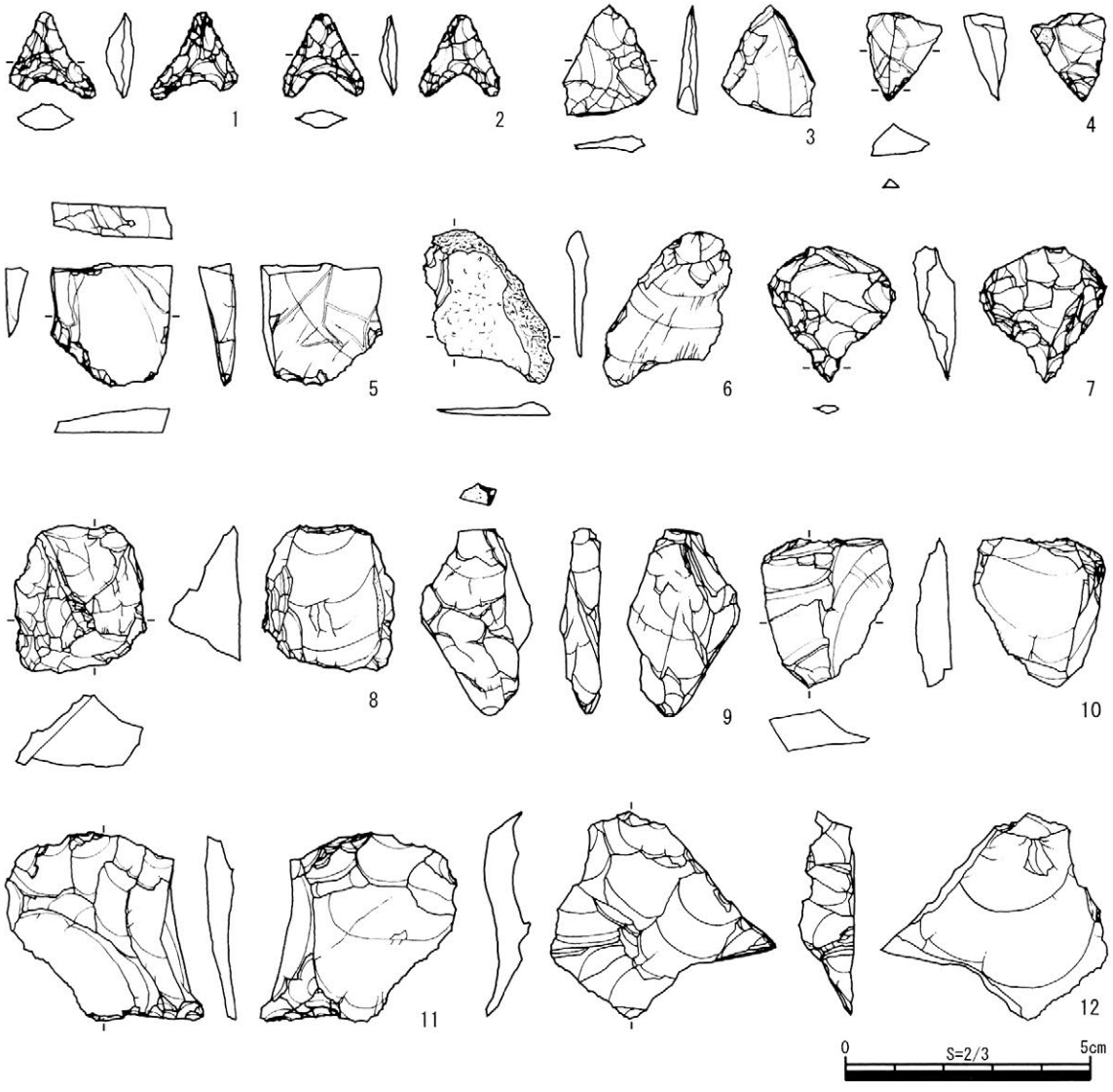


図 4 一乗寺向畑町遺跡のチャート製石器

胎土に高師小僧を含む土器の原料粘土産地の研究

― 宮崎平野部の遺跡出土土器の事例をもとに ―

Provenance study of clay including iron-oxide nodules (called Takashi-kozo) used for the excavated earthenware on Miyazaki plains

○竹井眞知子(宮崎市清武総合支所 清武町史編さん室)

1. はじめに

高師小僧とは、粘土やシルトの堆積土が湿地帯であった一定期間、葦などの植物の根を中心に、鉄酸化菌の影響により鉄分が濃集し形成された褐鉄鉱の一種である。愛知県豊橋市の高師原で産出するものが古くから知られ、地元での呼称が鉱物名となっている。

宮崎平野部で出土する土器の胎土には、砂粒とは異なる赤～赤褐色の粒子が含まれる事例が多く、県外の土器研究者にも知られるほどの特徴となっている。筆者は、以前より上記の粒子が含まれる胎土に同色の高師小僧が含まれることに注目し、上記の粒子は混和剤ではなく原料粘土に含まれる高師小僧など褐鉄鉱塊が素地土調整時に粉砕されたものと捉え、原料粘土採取地特定を試みてきた。

原料粘土の産地同定には自然科学的な手法による胎土分析が有効だが、高師小僧のように成因と産出場所が独特のものについては、地域の地質的特徴と照合すると、ある程度産地が限定できると期待される。今回は、現在確認されている事例のうち宮崎市佐土原町を中心とした地域に限定して紹介し、原料粘土を採取したと考えられる地層「通山浜層（とおりやまはまそう）」について報告することで、今後も継続していく研究の予察としたい。

2. 胎土に高師小僧を含む土器の事例 （図１ 写真４～６）

宮崎平野部出土土器の事例としては、縄文草創期の土器、弥生土器（特に甕など粗製胎土の器種）、土師器、埴輪、瓦（還元状態で焼成した場合は高師小僧は灰～黒色）である。また、出土遺物ではないが、佐土原人形(土人形)の土製型や人形内部にも含まれるものがある。佐土原町周辺の事例の概要を図１に示した。

3.高師小僧を産出する「通山浜層」（図１ 写真２・３）

通山浜層は、宮崎平野の基底を形成した宮崎層群（更新世初期：約 150 万年前までに堆積）の古地形凹部に堆積した層で、主に礫・砂礫・砂・粘土などで構成されている。 粘土・シルト層が海退期に湿地帯となった時期に高師小僧が形成されている。その後さらに海進・海退による段丘堆積物に被覆されるが、一ツ瀬川以南では浸食が進んだために、随所で広範囲に通山浜層が現れる地点がある（図１）。佐土原地区では昔から丘陵上での同層の高師小僧産出が知られていたようである(写真１)。

通山浜層の粘土は、江戸時代は佐土原藩が、昭和 30 年代には県工業試験場が陶土としての利用を試みている。シルト質に富み耐火度がやや低いという性質は、この粘土の使用が推定される遺跡出土土器にも看取される。

写真1 江戸時代中期の地元の国学者児玉実満による「日向国神代絵図」に描かれた、佐土原地方の山野で産出する人形や木竹の根などに似た形で鉄石のような「神子多子(読みは不明)」。 （西都市教育委員会提供）

4. 研究の意義と今後の展開

佐土原地区の下村窯跡群や宮ヶ迫遺跡の周辺が、土器生産の拠点的性格を持つことは発掘調査の成果によって明らかであるが、そこに、さらに本研究のようなアプローチを重ねることによって、土器生産が「まさにその場所でなくてはならなかった必然性」が見えてくる。

今後は、さらに対象地域を広げ、多くの事例の蓄積と地質情報を元にした原料粘土採取地や生産拠点の調査を進めていきたい。また、実際に採取した粘土を使用した土器焼成実験や、併せて胎土分析のデータを得るなど、推定の域からより実証へと展開させていきたい。

※引用・参考文献は、紙面の都合上割愛した。 なお、地質学上の専門知識、露頭地点の現地調査については、宍戸地質研究所の宍戸章氏にご教示・ご協力をいただいた。記して深謝いたします。

図1　宮崎市佐土原町周辺の「通山浜層」分布と「胎土に高師小僧を含む土器」出土遺跡

※５万分の1 地質図「妻及び高鍋」（地質調査所 昭和61年発行）の一部をもとに作図（上が北）

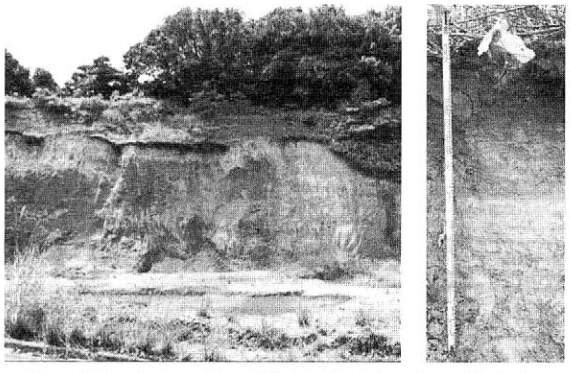


写真2　通山浜層露頭A地点（左）と露頭東端部の土層（右）

露頭下に堆積した土砂には、落下した大量の高師小僧が散乱する。右の土層は、上部が鉄分の多い橙褐色層、下部が鉄分をあまり含まないとみられる白灰～白黄色の粘質土。

写真3　通山浜層露頭B地点　シルト質の白色粘土に高師小僧が多く含まれる。被熱前の黄褐色の高師小僧はモノクロでは不明瞭なため、ここでは拡大写真を掲載しなかった（ポスターに掲示）。

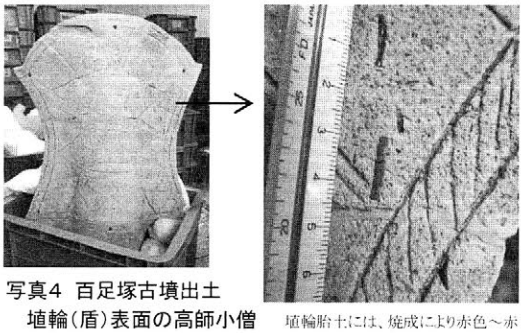


写真4　百足塚古墳出土埴輪（盾）表面の高師小僧　埴輪胎土には、焼成により赤色～赤褐色に変化した高師小僧やその破片とみられる同色の粒～塊が多く含まれる。写真のような高師小僧は、人物埴輪の顔面のように目立つ位置にも無意図的に含まれる。埴輪製作中に敢えて除去することはしなかったようだ。

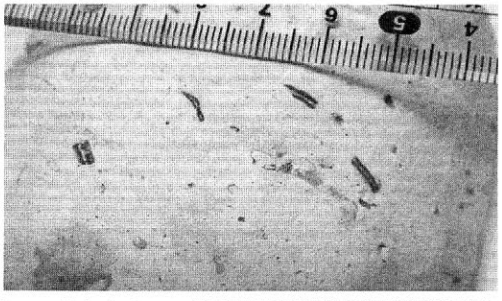


写真5(右上)　下村窯跡群出土丸瓦表面の高師小僧

写真6(右)　同上出土平瓦の風化面のマーブル状色調

写真2の土層のように鉄分含有量の違う原料土の調合によるものか、マーブル状色調は、赤色粒を含む弥生土器や土師器等の胎土にも散見される。

北タイの土器製作村における製作者の個人内変異と個人間変異
—土器の形態と胎土—（第4報）

Potters' intraindividual and interindividual variation in a pottery village, Northern Thailand: pottery shapes and chemical characteristics of the clay —IV—

○ 中園 聡（鹿児島国際大学）、平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）、太郎良真妃（同）、川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、白井菜実（鹿児島国際大学大学院）

○ Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima), Hiromi Hirakawa (The International University of Kagoshima Graduate School), Maki Tarora (IUK Graduate School), Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University), Nami Shirai (IUK Graduate School)

はじめに

究極の「産地」は製作者個人である。考古学的に個人の抽出は難しいとされるが、高次のステージの研究を行うためには避けて通れない。我々は考古資料において製作者個人を抽出する方法の開発を進めてきたが、その一環として現代北タイの伝統的土器製作者を対象とした土器・胎土に関する調査にも取り組んできた。1シーズンで製作される土器は、個人内で形態の安定性・変異がどの程度か、個人間で識別可能なほどの安定性があるか、間を空けた別シーズンと比較してどうか、などを課題とするとともに、土器の素地は粘土と砂を足練りで混合して作られるが、それについても個人内の安定性・変異について、継続的にデータを得つつある。こうした研究には長期的な検討が必要であり、2013年までの調査結果の一部は日本文化財科学会等でも報告したが（中園ほか2011, 2012a, 2013）、2014年の調査結果も含めて報告する。

試料と方法

ベテランの女性（母B：80代、高齢のため娘の補佐、娘A：50代後半現役、母の妹D：60代現役）、製作を本格的に始めて3年目の女性（娘の妹C：40代後半）、彼女らと別の家（工房）で作業するベテランの女性数名が土器形態の検討対象である。1日に連続製作した土器鍋（モートム）、水甕（モーナム）とその蓋を検討した。形態は、個人のクセや個人間の変異等を観察し、レプリカ法による断面作成や、三次元計測の断面画像等を検討するなどした。計測値によるサイズや形態の比較も行った。

素地作りに専ら従事する女性が同じ家で数日にわたって行った作業についても、完成した素地の異なる場所から10点程度の試料を採取し、蛍光X線分析に供するとともに、作業途中の試料も採取して分析を実施した。なお、蛍光X線分析は三辻利一の方法を基本的に踏襲し（三辻 1983, 2013；三辻ほか2013）、Na、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srの8元素を測定した。分析値は、同時に測定したJG-1による標準化値で示す。

結果と考察

型式学的観察と計測的属性の分

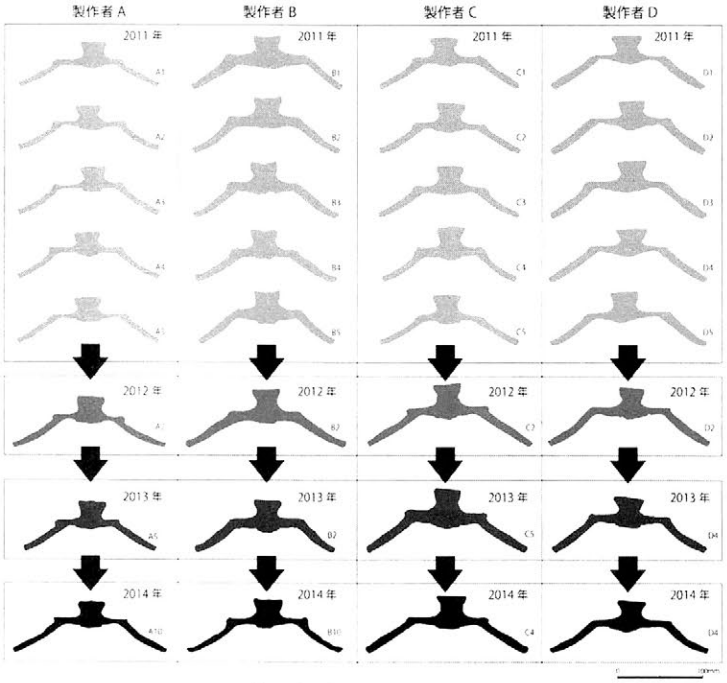


図　製作者ごとの水甕の蓋の断面

析により、各製作者間で判別が可能であるとともに、製作者個人の安定性があることが今回も確認された。計測値の主成分分析等による検討の結果、サイズ・形態両面で製作者個人の安定性の高さと他の製作者との違いがやはり示された。基本的に個人内変異は個人間変異よりも小さい。各人でシーズンを越えた安定性が看取されるとともに、シーズン内、特に連続製作での安定度の高さが追証された（なお、2014年の製作者Bは異なる製作手法であり、厚み等は異なったが、基本的な外形や摘みの形態等は癖が維持された）。非計測的あるいは不可視的属性においても個人内での長期的安定性が基本的には看取される（図）。ただ、それは堅固なものというより、周囲の状況や情報などの影響でブレを生じつつ維持されるといえる。また、長期間経てば個人内の変異幅が広がると推定されるが、その傾向も看取された。

なお、製作者Cは、土器製作に従事しはじめた直後と比べ1年後の2012年には形態の安定と他の製作者の形態との類似がみられたが、2013年以降も安定しており個人的なクセが固定化していることも確認された。土器鍋、水甕、水甕の蓋のいずれでも、以上のことが認められた。

素地作りについては、連日の作業で各部分から採取した試料の変動係数（*CV*）は、Naが数%とやや高いが、他の元素は3%程度以内であった（表）。2013年度までと同様の結果である（中園ほか2012a, 2012b, 2013）。約25～40kgを僅か10～15分程度で仕上げる割にはかなり均質であり、毎回同程度の変動係数であることも個人内の安定性を示す。素地作りでも、作業者個人に実践的に体得された知識・技術が保持されていることを示す。

※JSPS科研費・基盤研究(B)（26284124）の成果の一部である。

表　各年度数日間に調整された素地土の均質性（XRF）

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2011A	*M*	0.069	0.982	0.714	0.301	2.50	1.67	1.294	0.277
(n=7)	*SD*	0.002	0.008	0.006	0.005	0.02	0.03	0.011	0.009
	CV%	3.22	0.81	0.85	1.81	0.82	1.58	0.86	3.17
素地2011B	*M*	0.070	0.991	0.715	0.314	2.57	1.71	1.325	0.275
(n=10)	*SD*	0.005	0.006	0.007	0.005	0.02	0.12	0.021	0.007
	CV%	6.61	0.65	1.00	1.43	0.76	6.98	1.60	2.44
素地2011C	*M*	0.077	0.946	0.727	0.299	2.37	1.56	1.285	0.286
(n=10)	*SD*	0.004	0.009	0.007	0.004	0.05	0.03	0.007	0.009
	CV%	5.29	1.00	0.91	1.44	1.96	1.93	0.55	3.26
素地2011D	*M*	0.077	0.938	0.725	0.293	2.33	1.55	1.287	0.280
(n=10)	*SD*	0.003	0.006	0.007	0.002	0.01	0.03	0.010	0.006
	CV%	4.26	0.60	1.03	0.78	0.57	1.78	0.77	1.98

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2012A	*M*	0.055	0.982	0.679	0.245	2.56	1.75	1.191	0.240
(n=11)	*SD*	0.003	0.019	0.006	0.007	0.08	0.05	0.016	0.006
	CV%	5.15	1.91	0.86	2.88	2.96	2.75	1.36	2.34
素地2012B	*M*	0.053	0.964	0.682	0.265	2.39	1.58	1.252	0.234
(n=10)	*SD*	0.004	0.019	0.006	0.006	0.04	0.02	0.013	0.004
	CV%	6.99	2.01	0.90	2.13	1.59	1.20	1.06	1.58
素地2012C	*M*	0.055	0.960	0.678	0.223	2.42	1.67	1.198	0.239
(n=10)	*SD*	0.002	0.017	0.008	0.005	0.06	0.04	0.007	0.004
	CV%	4.06	1.82	1.22	2.29	2.36	2.61	0.57	1.80
素地2012D	*M*	0.056	0.968	0.684	0.239	2.42	1.68	1.182	0.244
(n=10)	*SD*	0.003	0.017	0.006	0.042	0.08	0.04	0.019	0.008
	CV%	5.84	1.80	0.94	17.49	3.19	2.19	1.57	3.27
素地2012E	*M*	0.059	0.944	0.677	0.223	2.42	1.66	1.181	0.241
(n=10)	*SD*	0.004	0.024	0.010	0.006	0.05	0.02	0.013	0.004
	CV%	6.69	2.59	1.45	2.63	1.94	1.18	1.08	1.70

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2013A	*M*	0.053	1.009	0.673	0.262	2.81	1.91	1.204	0.241
(n=10)	*SD*	0.003	0.015	0.009	0.006	0.07	0.04	0.024	0.006
	CV%	4.88	1.51	1.40	2.37	2.35	2.20	1.96	2.28
素地2013B	*M*	0.060	0.956	0.680	0.245	2.50	1.74	1.178	0.248
(n=11)	*SD*	0.003	0.011	0.006	0.005	0.05	0.03	0.008	0.005
	CV%	5.46	1.12	0.94	1.89	2.07	1.86	0.68	2.10
素地2013C	*M*	0.055	1.020	0.685	0.266	2.732	1.855	1.235	0.249
(n=11)	*SD*	0.003	0.016	0.007	0.006	0.076	0.047	0.014	0.005
	CV%	5.27	1.58	1.07	2.42	2.79	2.54	1.11	2.07
素地2013D	*M*	0.060	0.958	0.695	0.243	2.41	1.66	1.193	0.253
(n=11)	*SD*	0.002	0.017	0.008	0.005	0.06	0.05	0.012	0.006
	CV%	3.24	1.79	1.14	2.11	2.40	2.84	1.00	2.22
素地2013E	*M*	0.062	0.956	0.690	0.242	2.42	1.71	1.202	0.253
(n=11)	*SD*	0.003	0.021	0.009	0.007	0.10	0.05	0.022	0.006
	CV%	4.37	2.22	1.25	2.75	4.34	3.19	1.84	2.30
素地2013F	*M*	0.067	0.909	0.698	0.228	2.23	1.56	1.167	0.259
(n=11)	*SD*	0.005	0.024	0.007	0.008	0.07	0.04	0.015	0.006
	CV%	6.77	2.67	1.03	3.41	3.22	2.50	1.29	2.35
素地2013G	*M*	0.059	0.956	0.683	0.244	2.47	1.69	1.199	0.250
(n=11)	*SD*	0.004	0.016	0.008	0.004	0.05	0.03	0.014	0.006
	CV%	6.16	1.66	1.14	1.52	2.17	2.06	1.16	2.29

		Na	Mg	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr
素地2014A	*M*	0.064	1.107	0.680	0.295	2.78	1.89	1.134	0.256
(n=10)	*SD*	0.002	0.011	0.003	0.019	0.03	0.03	0.008	0.005
	CV%	3.77	0.96	0.50	6.58	1.12	1.74	0.75	1.82
素地2014B	*M*	0.063	1.098	0.682	0.280	2.79	1.87	1.154	0.247
(n=10)	*SD*	0.004	0.008	0.008	0.005	0.04	0.02	0.012	0.003
	CV%	5.56	0.76	1.21	1.92	1.33	0.98	1.04	1.31
素地2014C	*M*	0.068	1.092	0.687	0.276	2.72	1.87	1.160	0.241
(n=10)	*SD*	0.003	0.023	0.004	0.012	0.09	0.04	0.022	0.006
	CV%	4.98	2.11	0.57	4.47	3.36	2.28	1.86	2.29
素地2014D	*M*	0.077	1.073	0.699	0.272	2.55	1.80	1.108	0.255
(n=10)	*SD*	0.004	0.013	0.008	0.008	0.04	0.03	0.020	0.004
	CV%	5.63	1.17	1.22	2.94	1.70	1.60	1.77	1.41
素地2014E	*M*	0.072	1.070	0.696	0.267	2.57	1.78	1.134	0.248
(n=9)	*SD*	0.002	0.017	0.004	0.007	0.05	0.04	0.013	0.005
	CV%	3.39	1.57	0.61	2.48	1.93	1.99	1.17	2.11
素地2014E	*M*	0.068	1.104	0.694	0.279	2.73	1.91	1.166	0.240
(n=10)	*SD*	0.004	0.019	0.007	0.011	0.05	0.03	0.011	0.004
	CV%	5.58	1.72	0.96	3.92	1.81	1.45	0.96	1.61

鹿児島県大崎町麦田下遺跡の弥生時代後期初頭土器群の蛍光X線分析
—西南四国系土器の製作者に迫る—

X-ray fluorescence analysis of Yayoi pottery from Mugitashita site, Osaki-cho, Kagoshima, Japan: pottery maker(s) of southwest Shikoku-style pottery

○中園　聡（鹿児島国際大学）、内村憲和（大崎町教育委員会）、平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）、太郎良真妃（鹿児島国際大学大学院）

○Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima), Norikazu Uchimura (Osaki-cho Board of Education), Hiromi Hirakawa (IUK Graduate School), Maki Tarora (IUK Graduate School)

はじめに

鹿児島県大崎町麦田下遺跡で、土器溜りから弥生時代後期初頭の土器群が一括出土した（大崎町教委 2014）。この時期の在地土器の形態・セット関係が判明するとともに、九州では極めて珍しい西南四国系土器が多く共伴したことが注目される（図1）。そのような非常に貴重な資料であることにかんがみ、蛍光X線分析による胎土分析を実施し、考古学的に有益な情報を得ることとした。

試料と方法

報告書掲載の全個体を分析した。試料のうち在地様式の弥生土器は、大隅半島を中心に分布する後期初頭の高付式が大多数である。土器溜り以外の中期後半の山ノ口II式も分析した。高付式に次いで多いのが西南四国系土器である。他の弥生土器では、瀬戸内系の要素があるもの、日向の様式に属する可能性が考えられたもの、高付式ではあるが異なる要素をもつ甕がある。古墳時代の在地様式の成川式、律令期の土師器甕も試料とした。型式同定が困難なもの（不明）のほとんどは弥生土器とみられる。

分析に先立ち、形態・表面微細痕跡の観察、肉眼・実体顕微鏡による胎土観察等を行った。分析は三辻の方法を基本とした（三辻 1983, 2013；三辻ほか 2013）。試料表面を研削後、タングステンカーバイド乳鉢で粉砕し、リング法（内径20mm、厚さ5mmのPVCリング）で加圧成形した。波長分散型蛍光X線分析装置（リガク製 ZSX100e）を使用し、Na、Mg、K、Ca、Ti、Fe、Rb、Srを測定した。各元素のX線強度（Net強度）を岩石標準試料JG-1を使った標準化値として示す。

結果と考察

本遺跡試料はK、Rb値が高め、Ca、Sr値が低めという特徴がある（図2）。両図とも大きく2群に分かれる。K値が高くてCa値が低くRb値が高くSr値が低いグループ（I群）は、高付式を主とし、黒雲母を含む花崗岩由来の胎土である。I群は、極めて特徴的な化学特性を示し、在地製作品からなると解釈できる。

主成分分析（PCA）でも、縦軸の右側にI群、左側にII群が布置された。I群は比較的密集し、主体となる高付式と西南四国系が重なって布置されることから、両者は同一の胎土といえる。一方、II群は分布が散漫で、産地の異なるものの混在の可能性を示唆する。

クラスター分析では、大きく3つのサブクラスターが形成された（図3）。主にI群とした試料から構成されよくまとまるもの（①）の中には短い結合

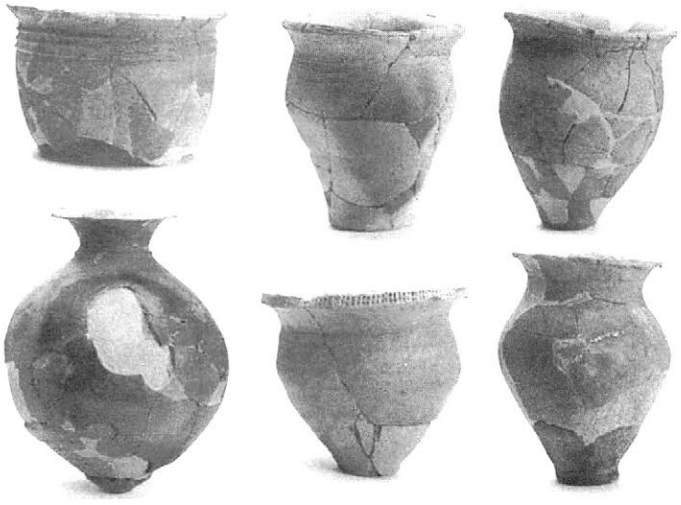


図1　在地の高付式（左）と西南四国系の土器（中・右）の例

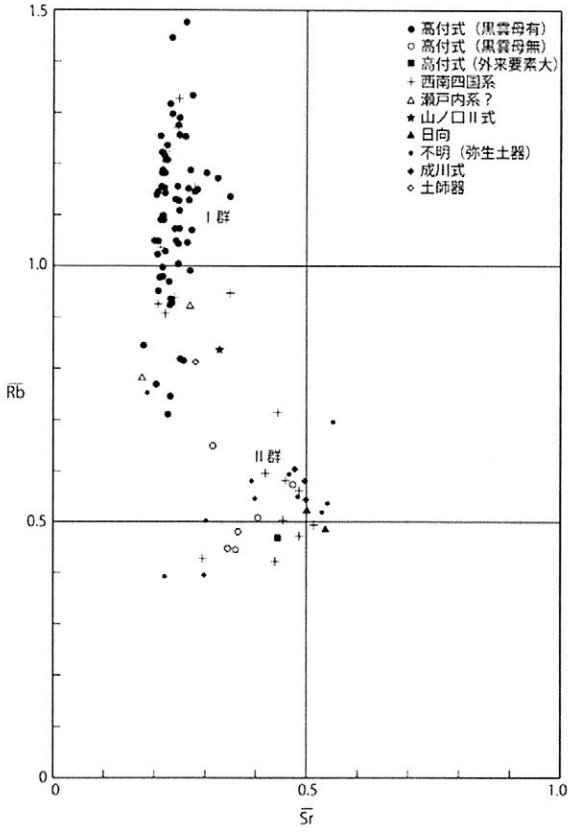


図2　K−Ca 分布図

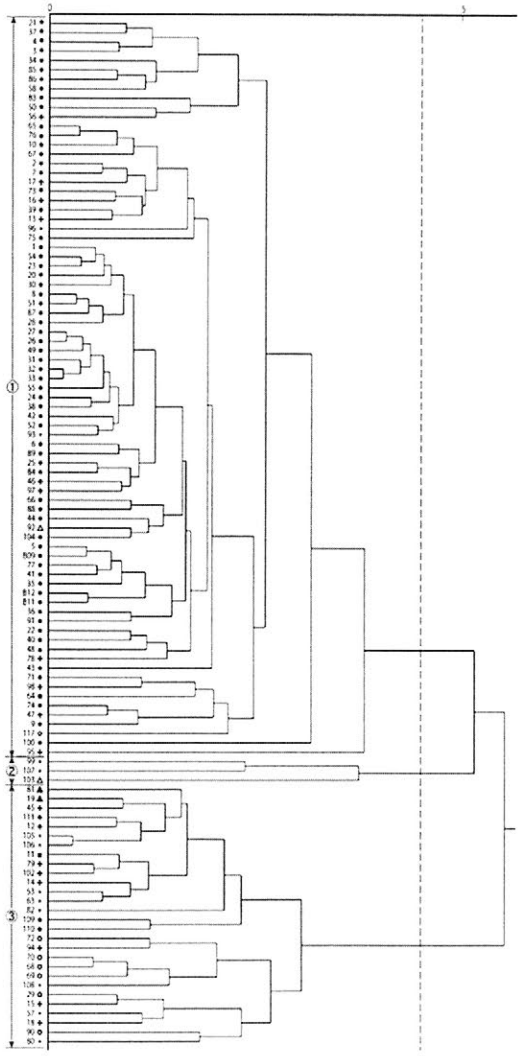


図3　クラスター分析結果

を繰り返すクラスターがある。全てⅡ群としたものから構成される③は、試料相互の類似度が高くなく、複数の産地を含む可能性が高い。また、Ⅰ・Ⅱ群を含む3個のみからなる②もあるが、結合距離が長く、相互の類似度が低い。

以上から、Ⅰ群は本遺跡固有の胎土（在地的胎土）と解釈できる。Ⅱ群は産地の異なるものの混在を示唆し、花崗岩由来の素材を使用しない大隅半島内外の複数産地が含まれる可能性を示す。西南四国系は、いずれも形態・技法が西南四国様式そのものであり模倣とは考え難い。それらの半数が本遺跡の高付式の多数と同じ化学特性を示し、在地製作であることを否定する余地はない。Ⅰ群に属す西南四国系は、西南四国で土器製作に習熟した人物が、本遺跡を形成した集落に居住し、故地の様式を製作したものと推定できる。これは、弥生土器で製作者の移動を科学的根拠から明言できる貴重な例である。また、在地製作の西南四国系には煤が付着したものがあり、本遺跡を形成した集落で使用された可能性が高い。少なくともⅠ群は、製作・使用・廃棄という一連の行為がこの集落で行われたといえる。西南四国系の製作者は集落内にある期間居住し、高付式と同一の素材採取地を利用できたと推定できる。異なる様式の製作者どうしの社会的関係については、今後の課題である。

一方、Ⅱ群にあたる西南四国系は、西南四国（土佐西部〜伊予南部が中心）での製作の可能性があるが、西南四国の分析ができていない。本遺跡近辺のマイナーな素材の可能性もあるため、今後の課題である。

※JSPS 科研費・基盤研究（B）（26284124）の成果の一部である。

文献：大崎町教育委員会（2014）『麦田下遺跡』大崎町発掘調査報告書 7／三辻利一（1983）『古代土器の産地推定法』ニュー・サイエンス社／三辻利一（2013）『新しい土器の考古学』同成社／三辻利一・中園聡・平川ひろみ（2013）「土器遺物の考古学的研究」『分析化学』62(2).

東・西五十子古墳群出土埴輪の産地問題

Provenance problem of haniwa-pottery from the Isogo tomb-site cluster

○三辻利一（鹿児島国際大学)、太田博之（埼玉県本庄市教育委員会）

○Toshikazu Mitsuji (The International University of Kagoshima), Hiroyuki Ohta (Honjo City Board of Education)

はじめに

関東地域には多数の埴輪窯跡群が発掘調査されており、埴輪の生産・供給問題の研究の絶好のフィールドである。すでに、これらの窯跡群は長石系4因子によって分類されている。本報告では、埼玉県本庄市に在る東・西五十子古墳群の多数の古墳から出土した埴輪の産地問題を検討した。まず、各古墳から出土した埴輪は考古学的型式論で幾種類かに分類された。これらの試料は蛍光X線分析によって、K－Ca、Rb－Srの両分布図上で定性的に分類され、その結果を考古学的分類結果と対応させた。さらに、これまでに分析されている関東地域の窯跡群出土埴輪に対応させて、その生産地を探ってみた。その手法として、各古墳出土埴輪の胎土は複数種類あるので、K－Ca、Rb－Srの両分布図での分布の比較から、定性的に分類し、その結果を考古学的分類と対応させてみた。さらに、その生産地は両分布図上で、窯跡群出土埴輪に対応させ、産地候補を探ってみた。最終的には、2群間判別分析法で産地を推定することになる。

結果

図1には、東五十子古墳群のST00号古墳から出土した埴輪の両分布図を示す。両分布図での分布位置の比較から、考古学的に分類されたA、B類埴輪の胎土は同じであることがわかる。これに対して、C類埴輪の胎土はA、B類埴輪の胎土とは明らかに異なる。したがって、ST00墳には少なくとも2か所の別場所で作られた埴輪が供給されていたことがわかる。また、K、Rbが比較的多いA、B類埴輪は地元、本庄市周辺で作られた埴輪ではなく、県外の地域からの供給品である。C類埴輪は地元産の埴輪であると推定される。

図2には、東五十子古墳群のST02号墳出土埴輪の両分布図を示す。考古学的に分類されたA、C類とB類とは別胎土である。A、C類は地元産の埴輪であり、B類は県外の地域からの搬入品である。もちろん、ST02号墳のA、B、C類はST00号墳のA、B、C類とは異なる。記号が同じだけである。

図3には、東五十子古墳群のST06号墳から出土した埴輪の両分布図を示す。A類、B、C類とD、E類の胎土とは異なる。3種類の胎土の埴輪があることがわかる。このうち、A類とB、C類は地元産の埴輪と推定されるが、D、E類埴輪は外部地域からの搬入品である。D、E類埴輪の胎土はST00号墳のA、B類埴輪と同じ胎土であり、同じ産地から供給された埴輪であると推定される。また、A類とB、C類は地元産の埴輪であるが、両分布図での分布位置は微妙にずれており、別場所で作られた埴輪であると推定される。

図4には、東五十子古墳群のST07号墳出土埴輪の両分布図を示す。A～G類埴輪は両分布図でほぼ同じ位置にまとまって分布しており、同じ生産地の埴輪である。その産地は図1に示したST00号墳のA、B類埴輪、図3に示したST06号墳のD、E類埴輪の胎土と同じである。H類は別産地の埴輪と推定される。

このように、考古学的分類と胎土分析の結果はよく対応するが、同じ産地の製品でも、考古学的には幾つかに分類される場合もあることがわかる。今後、考古学側の知見と胎土分析の結果を総合して、東五十子古墳群の埴輪の生産・供給が考察されることになる。

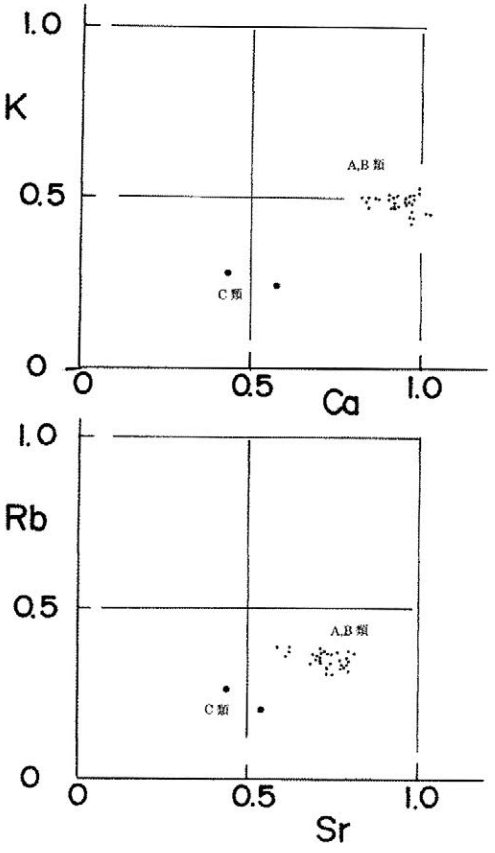


図 1　東五十子 ST00 号噴出埴輪の両分布図

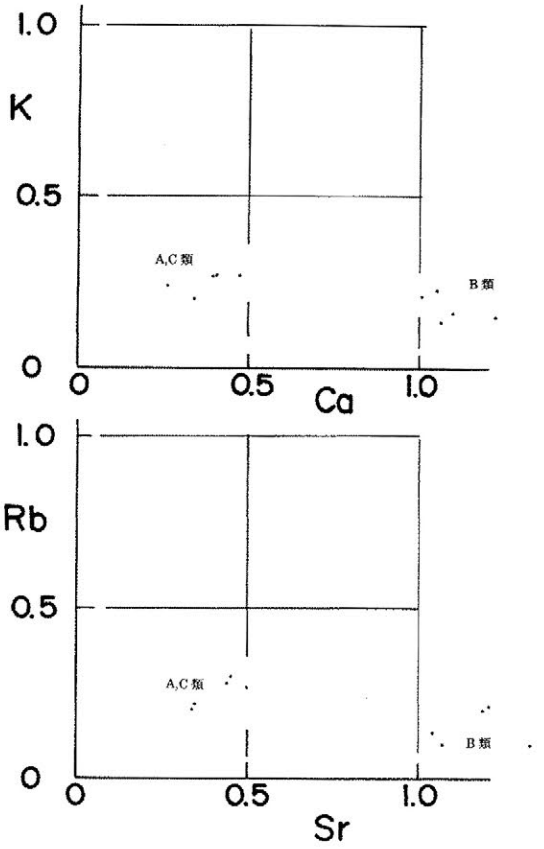


図 2　東五十子 ST02 号噴出埴輪の両分布図

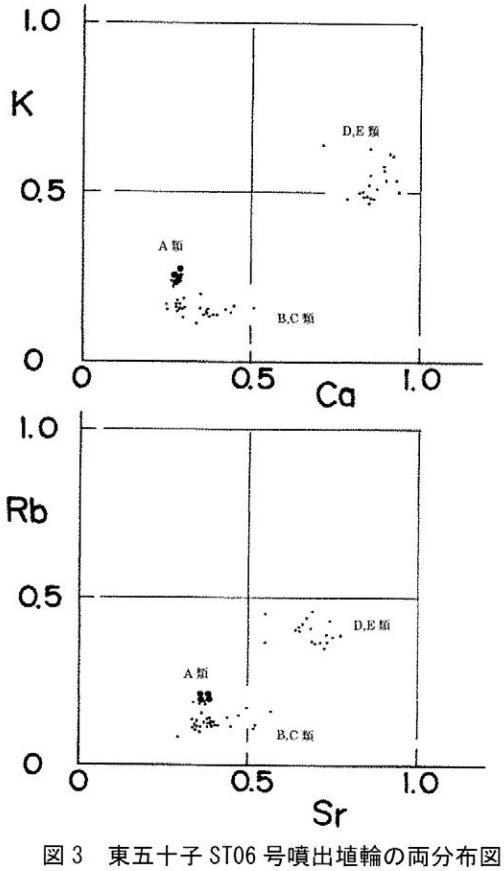


図 3　東五十子 ST06 号噴出埴輪の両分布図

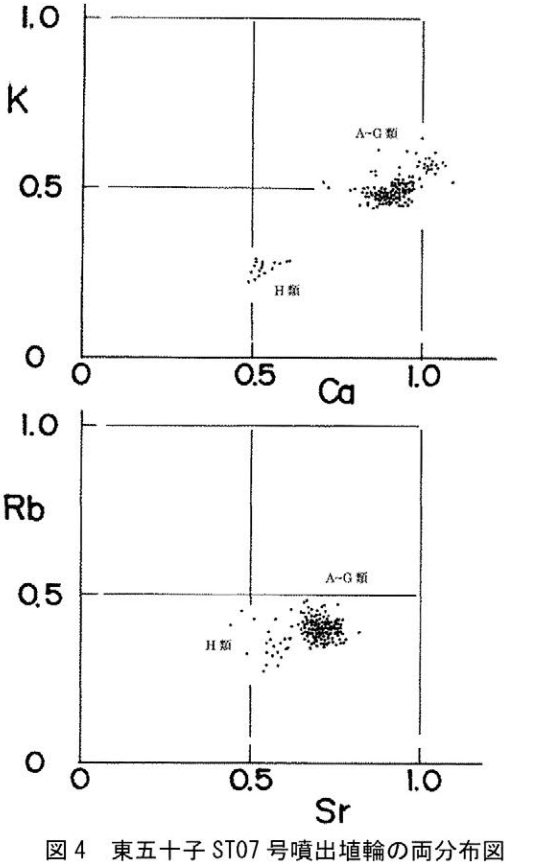


図 4　東五十子 ST07 号噴出埴輪の両分布図

長崎県における黒曜石の産地推定

Sources identification of obsidian in Nagasaki

○片多雅樹（長崎県埋蔵文化財センター）、今西亮太（同左）
○Masaki KATATA, Ryota IMANISHI (Nagasaki Prefecture Archaeological Center)

1．はじめに

長崎県埋蔵文化財センターでは、望月明彦氏が考案した判別図法を用いて長崎県内出土黒曜石の産地推定を試みている。センターに導入されているエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置を用いて、主に九州圏内の黒曜石原産地から採集してきた黒曜石原石を分析し、原産地の違いが分析データ判別図上でいくつか区分できることが分かった。

2．分析資料

黒曜石原産地の基準試料として、九州圏内原産地１５個所から採集された黒曜石原石を分析に供した。

腰岳（佐賀県伊万里市）、星鹿半島牟田（長崎県松浦市）、星鹿半島大崎（松浦市）、松浦大崎（松浦市）、土器田（長崎県佐世保市）、小鯛（佐世保市）、古里海岸（佐世保市）、針尾電波塔（佐世保市）、東浜（佐世保市）、亀岳（長崎県西海市）、壱岐（長崎県壱岐市）、姫島（大分県東国東郡）、日当（鹿児島県伊佐市）、五女木（伊佐市）、上青木（伊佐市）

3．装置の仕様と分析条件

エネルギー分散型蛍光X線分析装置（ＳＳＩナノテクノロジー社製：ＳＥＡ１２００ＶＸ）。下面照射式で照射径は８ｍｍΦ。Ｒｈ（ロジウム）管球、ＳＤＤ検出器で液体窒素を要しない。

分析条件は管電圧４０ｋＶで管電流は抵抗値によって自動設定とした。大気雰囲気で、測定時間１００秒で分析を行った。

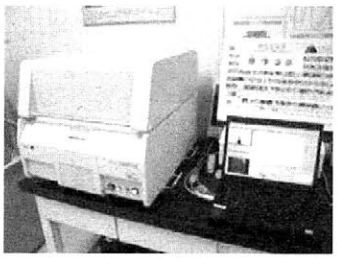


写真１　分析装置

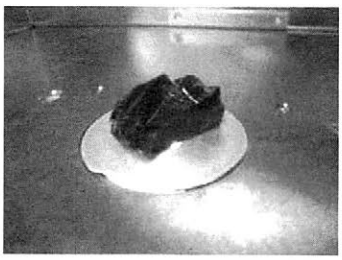


写真２　試料室内

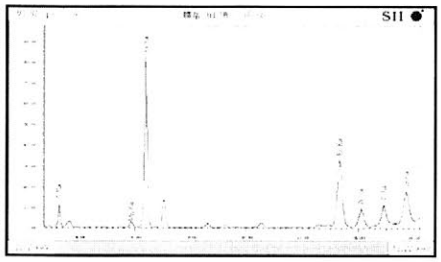


図１　分析データー例（腰岳）

4．判別図の作成

検出した元素のうち、K（カリウム），Mn（マンガン），Ｆｅ（鉄），Ｒｂ（ルビジウム），Ｓｒ（ストロンチウム），Y（イットリウム），Ｚｒ（ジルコニウム）の７元素のX線強度（cps 値）から下記の式によって求められる４つのパラメータを用いて、２種類の散布図（判別図）を作成する。

① Rb 分率＝｛Rb 強度×100/（Rb 強度＋Sr 強度＋Y 強度＋Zr 強度）｝
② Sr 分率＝｛Sr 強度×100/（Rb 強度＋Sr 強度＋Y 強度＋Zr 強度）｝
③ Mn 強度×100/鉄強度
④ Log（Fe 強度/K 強度）

5．分析結果

分析結果から得られた判別図（Rb 分率 vs　Mn 強度×100/鉄強度）を図２に示す。姫島、亀岳、上青木、壱岐は他原石とは固有の場所にプロットされた。また腰岳と星鹿半島牟田、土器田と東浜、日東と五女木は限られた範囲にプロットされるが、それぞれプロット場所が重なっている。そのほかに関してはプロットされる範囲が広くまた他データとの重なりも多い。

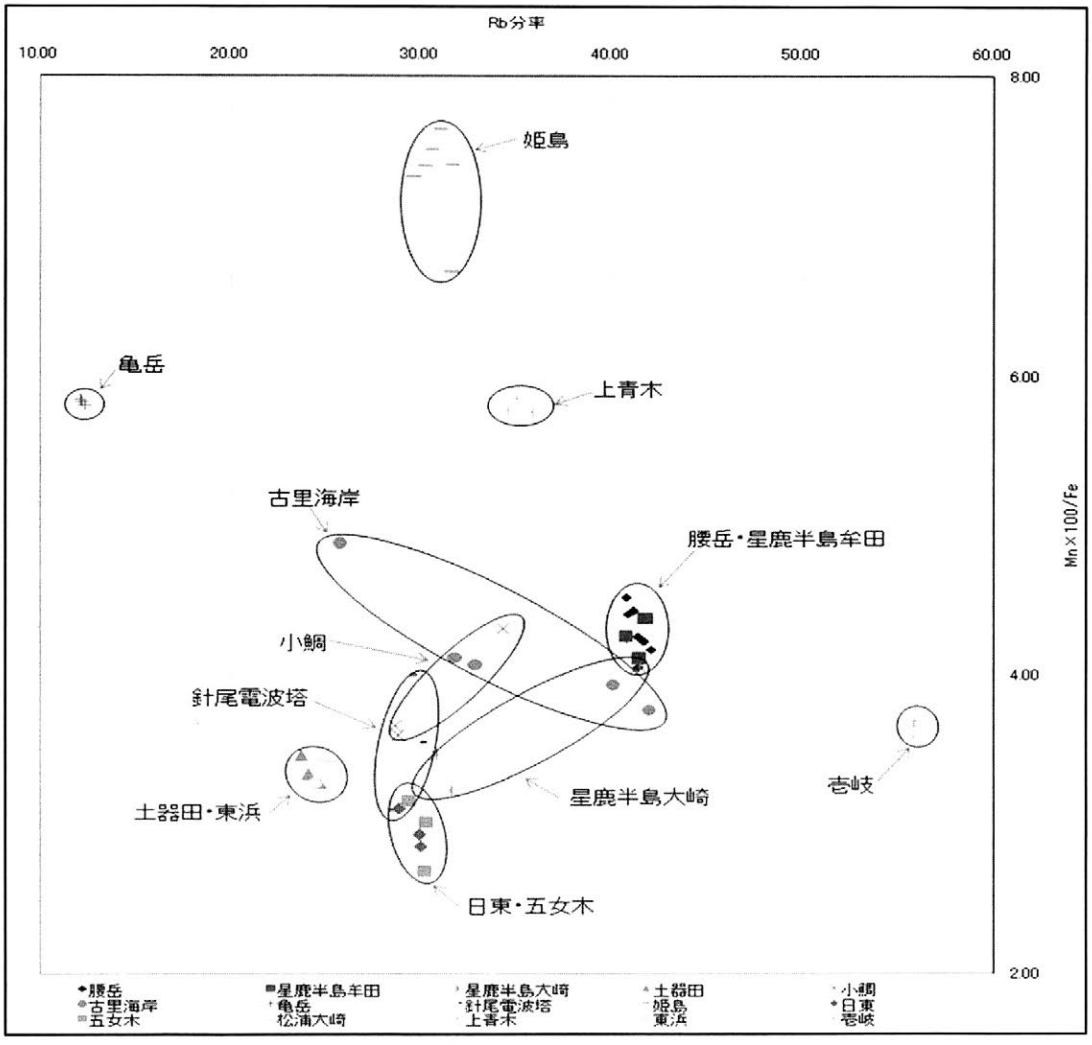


図２　九州圏内黒曜石原石の判別図

6．まとめ

今回、センターに導入されている蛍光 X 線分析装置を用いて黒曜石の原産地推定を試みたが、いくつかの原産地に関しては判別図法により産地推定を行える可能性が伺えた。しかし、原石分析点数が未熟なためデータのバラつきが多きく、また九州圏内の黒曜石原産地原石を網羅できているともいえない。今後さらに基礎データを積み重ねることで黒曜石産地推定に有効な情報が得られると考える。

（参考・引用文献）

望月明彦 2004「用田大河内遺跡出土黒曜石の産地推定」『用田大河内遺跡』かながわ考古学財団調査報告第 167 冊

明治大学古文化財研究所 2011『蛍光 X 線分析装置による黒曜石製遺物の原産地推定―基礎データ集〈２〉―』

竹原弘展 2013「判別図法によるサヌカイトの産地推定について」日本文化財科学会第 30 回要旨集

石材強化保存材料としてのナノライムの物性評価（Ⅱ）
― 試験片による実験的研究(2) ―

Evaluation of Nano-Lime as the Consolidant of Stone (II)
Experimental Study Using Artificial Test Pieces (2)

○西浦忠輝（国士舘大学）、宋苑瑞（東京大学）、齋藤俊介（国士舘大学）、ｱﾝﾄﾞﾗｽ・ﾓﾙｺﾞｽ（韓国伝統文化大学校）
○**Tadateru Nishiura** (Kokushikan University), **Wonsuh Song** (Tokyo University),
Shunsuke Saito (Kokushikan University), **Andras Morgos** (Korea National University of Cultural Heritage)

1. はじめに

石材強化保存材料として近年注目されているナノライムの処置効果については、まだ定かとなっておらず、研究開発途上にある。そこで、劣化した石材を想定した試験片を作成し、それらをナノライムのほか従来用いられている強化材で処理し、その物性を各種試験により測定して比較検討する研究を行っており、30回大会等でその途中経過を報告した[1~3]。ここではその後の研究経過を報告する。

2. ナノライム

ナノライムは、水酸化カルシウム<$Ca(OH)_2$>の微細結晶（100～300nm）で、低級アルコール中に分散した懸濁液として供給されている。通常の石灰（無水水酸化カルシウム<$Ca(OH)_2$>粉末粒子[約50μm]）に比べてその大きさは1/250である。このナノライム懸濁液を石材の微細空隙中に含浸し、空気中の炭酸ガスと反応してカルサイト<$CaCO_3$>を生成させ、石材を強化し保存する方法が注目されている。石灰岩では勿論のこと、他の石でも鉱物粒子を結合させているセメント物質の多くがカルサイトであり、最終的にカルサイトとなって石材中に固定されるナノライムは、材質的には理想的な石材強化材ということができる。

3. 試験材料

3-1 試験片

劣化して凝集力の低下した石材を想定した試験片として、固化セメントモルタル、レンガおよび3種の石材の顆粒粉に早硬性セメント(体積比 15：1)と水を加えたものを、塩ビ製円形パイプ内で固めてからカットしたものを試験片（直径5cm、高さ5cm）とした[表1]。

表1 試験片基材料

記号	顆粒粉材料	嵩比重
M-	固化セメントモルタル	1.79
B-	レンガ	1.59
G-	花崗岩（茨城・笠間産）	1.68
S-	砂　岩（茨城・大子産）	1.89
T-	凝灰岩（栃木・大谷産）	1.20

3-2 含浸強化処置

上記の試験片に、ナノライム懸濁液および石材の含浸強化材料として用いられている3種の合成樹脂溶液(樹脂濃度25g/ℓ)を減圧含浸(10分間、3回)して18カ月間自然乾燥させた[表2]。

表2 含浸強化材料

記号	含浸強化材料
-C	なし
-N	ナノライム懸濁液
-W	シリコーン樹脂溶液（ワッカー OH100）
-A	エポキシ樹脂溶液（アラルダイト 2020）
-P	アクリル樹脂溶液（パラロイド B-72）

4. 物性試験

4-1 サンドブラスト穿孔試験

試験片の凝集力を測定するために、細いノズルから高圧で微粒砂を一定の圧力、時間、距離で吹き付けて穿孔し、その穿孔の深さによりその凝集力の差を計測した。

圧力：0.6mpa　　時間：15秒　　ノズルと試験片の距離：5mm

試験片の穿孔の深さによって、孔が深いと凝集力が弱く、孔が浅いと凝集力が強いことを示すので、その深さを測定することにより、凝集力を比較することができる。試験片を各3片ずつ用意し、片面に3箇所の穿孔深さを測定して、平均値を求めた。そして、各試験片の無処理の平均値を100としたときの強度比を求めた。

C ÷ X × 100 ＝ 強度比

C：無処理試験片の平均穿孔深さ(mm)　X：含浸処理された試験片の平均穿孔深さ(mm)

処理＼試験片	M	B	G	S	T
C	100	100	100	100	100
N	100	110	154	111	96
W	148	135	169	137	92
A	152	125	149	139	94
P	164	157	173	153	108

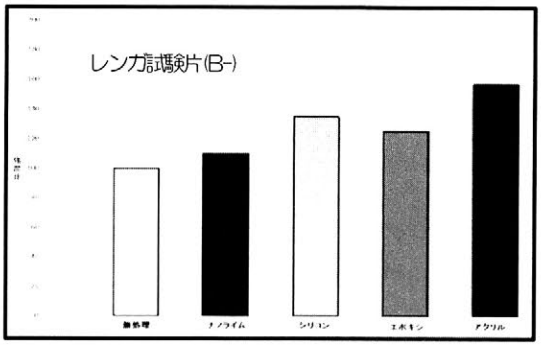


表３・図１　含浸処理された試験片の強度比（図はレンガ試験片の場合）

モルタル試験片では、ナノライム処理された試験片は無処理とほぼ同じ強度比を示している。一方他の樹脂は、明らかに強度が増している。レンガ、花崗岩、砂岩試験片では、ナノライム処理された試験片は無処理に比べ、有意に高い強度を示している。

凝灰岩試験片においては、全体的に強度が低い結果となった。これは凝灰岩試験片自体が弱く、すぐに孔が空いてしまい比較するまでに至らなかったためである。したがって強度比較に至らなかった。

ナノライム処理は、凝集力付与効果があると認められる。ただし、その効果は基材種によってかなり異なる。この差は基材の粒子の大きさに起因すると考えられるが、いずれにしろ、有意な強化効果が認められる。なお、前述のように特に弱い基材の場合、穿孔試験に有効ではない場合もある。

4-2　走査型電子顕微鏡観察

各種試験片を走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）で観察し、処理後の内部構造の状態を観察、撮影している。

現在、作業途中であり、まだ、確たる知見は得られていないが、ナノライム処理の場合、無処理に比べて内部構造はほとんど変化していない様に見える。図２に凝灰岩試験片(T-)における、無処理材とナノライム処理材とのＳＥＭ写真を例示する。

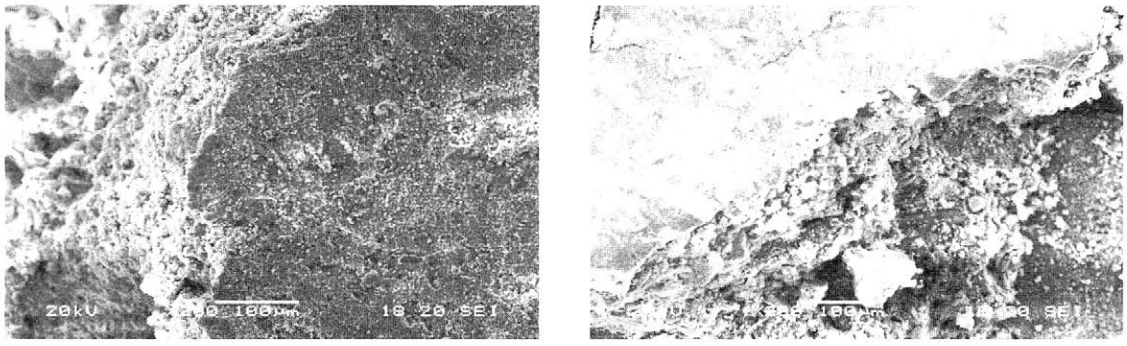


図２　SEM写真　<左：無処理，右：ナノライム含浸処理>

4-3　ナノライムの炭酸化度確認試験

ナノライムは、炭酸化することによって強化効果を発揮する。そこで、フェノールフタレイン溶液による炭酸化度確認試験を行った。岩石カッターで切断した試験片の両面にフェノールフタレイン溶液を塗布した。試験片は各5片ずつ用意し、合計25片の試験片で実験を行った結果、全試験片で色の変化が見られず、ナノライムがほぼ完全に炭酸化していることが確認された。

5.　おわりに

ナノライムの石材保存処置への応用についての研究はまだ多くない。理論的には理想に近い材料であり、その可能性について、さらに種々の試験を行って、検討、考察を進めていきたいと考えている。

＜文献＞

1)ナノライムや樹脂を用いた岩石の強化実験 - 大谷石、琉球石灰岩、安山岩を中心に - ，宋苑瑞・A Morgos：文化財保存修復学会 34 回大会発表要旨集，p.p.74-75 (2012)

2)Nanotechnology in the conservation, A. Morgos：科学研究費補助金研究成果報告書 (2012)

3)石材強化保存材料としてのナノライムの物性評価(1)-試験片による実験的研究(1)-，西浦忠輝・齋藤俊介・ｱﾝﾄﾞﾗｽ･ﾓﾙｺﾞｽ・宋苑瑞：日本文化財科学会第 30 回大会研究発表要旨集，p.p.100-101 (2013)

観察手法によるキトラ古墳壁画表面の調査結果報告
Investigation on the surface condition of Mural paintings of the Kitora tumulus by macro photography

○吉田直人*、赤田昌倫**、辻本与志一**、降幡順子**、早川泰弘*、早川典子*、脇谷草一郎**、
田村朋美**、朽津信明*、岡田健*、高妻洋成**、宇田川滋正***、建石徹***
(*東京文化財研究所　**奈良文化財研究所　***文化庁)
○Naoto YOSHIDA*, Masanori AKADA**, Yoshikazu TSUJIMOTO**, Junko Furihata**,
Yasuhiro HAYAKAWA*, Noriko HAYAKAWA*, Soichiro WAKIYA**, Tomomi TAMURA**,
Nobuaki KUCHITSU*, Ken OKADA*, Yohsei KOHDZUMA**,
Shigemasa UDAGAWA*** and Toru TATEISHI ***
* National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo
** Nara National Research Institute for Cultural Properties　*** Agency for Cultural Affairs

1.　はじめに

我々は、高松塚古墳、およびキトラ古墳壁画の材料調査に携わっており、その一環として、デジタルカメラでのマクロ（近接）撮影画像による表面状態の調査を行なっている。平成20年度～21年度に行った高松塚古墳壁画を対象とした調査では、カビ等微生物による劣化や色材の剥落・消失の様子の他に、乳白色物質の図像上での広範囲な発生を認めた[1,2]。そして、過去の画像との比較により、大部分が昭和47年の発見時以前に発生していること、さらに、これが高湿度環境下で溶出した漆喰成分が表面で再結晶化したカルサイトであり、彩色の鮮やかさを減じる理由である一方、結果的に色材を剥落から防ぐ保護層の役割を果たしていることを見出した[3]。

平成25年度には、同様の調査をキトラ古墳壁画に対しても行い、これまでに四神像（朱雀像、青龍像、白虎像、および玄武像）の画像撮影を完了した。キトラ古墳壁画は微生物被害が軽微であり、漆喰表面の状態が比較的良好なことから、特に乳白色物質の発生状況を高松塚古墳壁画と比較した。

2.　撮影方法

高松塚古墳壁画の撮影時と同様に、機材設置用のフレームにデジタルカメラ（リコー GX-100）を固定し、白色LED光源による斜光照射のもとで壁画面のマクロ撮影を行った。撮影視野が約35 mm×26 mmとなるよう距離を調節し、カメラを等間隔に移動させながら、図像面とその周囲余白部分の分割撮影を行った（写真1）

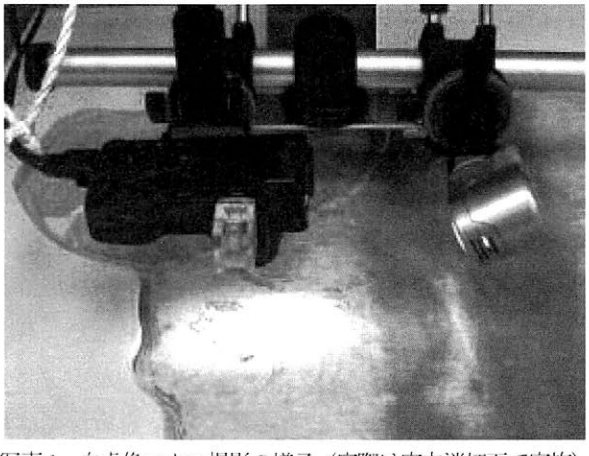


写真1　白虎像マクロ撮影の様子（実際は室内消灯下で実施）

3．　調査結果

特に彩色部分を中心に画像を精査したところ（写真2）、乳白色物質に覆われ、色材がくすんで見える様子が広範囲で確認された。高松塚古墳壁画と同じく高湿度環境にあったことを考えると、表面で再結晶化したカルサイトの可能性が強く示唆される。物質の大部分は広範囲に薄いベールを被せたように発生していることが特徴であり、高松塚古墳壁画で多く見られた、肉眼でも確認できるほどの厚みのあるペースト状のものや、亀裂部分に発生している無数の粒状のものはキトラ古墳壁画ではほとんど認められなかった。このような発生様態の相違については、両古墳間の石室内環境履歴や漆喰成分、状態などの面から今後詳細に検討する必要があろう。

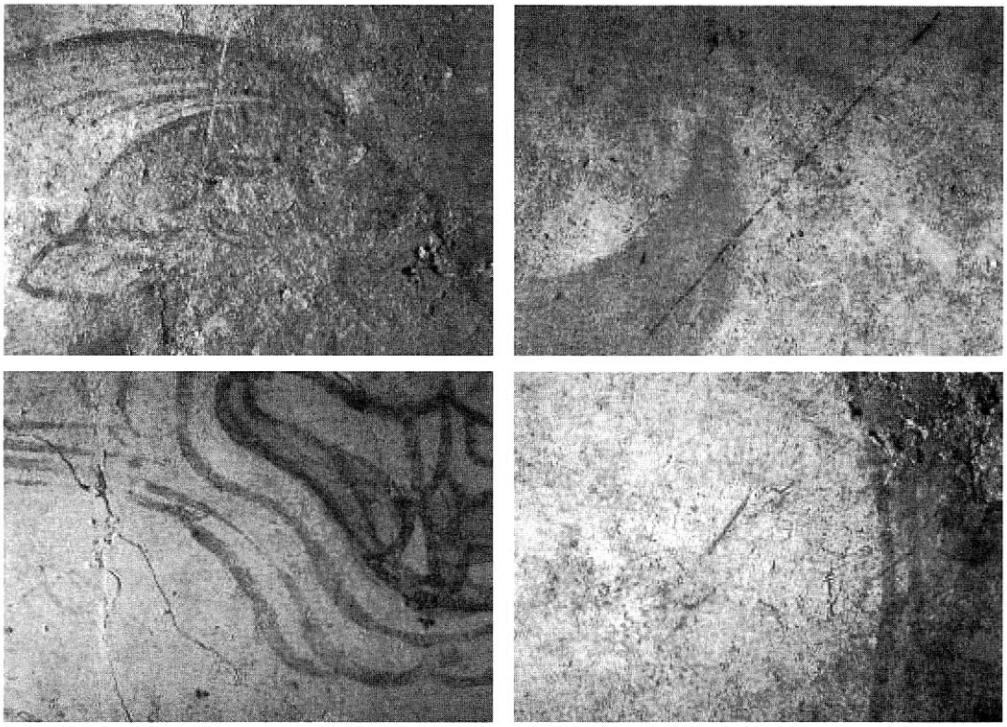


写真2　キトラ古墳壁画のマクロ画像　左上：朱雀像、頭部　右上：青龍像、舌の部分
左下：白虎像、口唇部分　右下：玄武像、蛇の胴体と隣接する漆喰部分

参考文献

1）吉田　他「観察手法による高松塚古墳壁画表面の調査結果報告」日本文化財科学会第27回大会予稿集，284-285（2010）

2）吉田　他「デジタル画像撮影による高松塚古墳壁画表面状態の調査」保存科学，49，197-207（2010）

3）肥塚隆保「目地漆喰と下地漆喰のサンプリングによる調査」　第12回高松塚古墳壁画劣化原因調査検討会参考資料
（http://www.bunka.go.jp/takamatsu_kitora/kentokaito/rekkachosa/12/pdf/sanko_2_3.pdf）

油彩画「聖ヒエロニムス像」に関する基礎調査(Ⅱ)
- カビ被害の状況とドライクリーニングの効果 -

Fundamental Research on an Oil Painting: "Portrait of St Hieronymus"- 2
- Damaged Condition by Fungi and Effectiveness on Removing with Dry Cleaning -

○松田泰典(東洋美術学校)・小野慎之介(東洋美術学校)・高鳥浩介(カビ相談センター)

1. はじめに

研究対象である油彩画「聖ヒエロニムス像」は、須磨コレクションを形成した須磨弥吉郎氏の御子息、須磨末千秋氏が所有した作品である(Fig.1)。本作品は過去に甚大なカビ被害を受け、燻蒸処置を施された経験をもつ。その後も表裏面には白い粉末状のカビが大量に残っており、早急な対応が求められていた(Fig.1, 2)。

まず作品を隔離し、微生物学者の協力の下で、菌種の同定と培養による胞子の活性度について調査した。その上でカビによる二次被害と作業者の安全衛生面に配慮しながら、具体的に必要と考えられるクリーニングを実施し、さらに処置後に作品内部に残された胞子の活性度を再度調査した。結果として、作品に殺菌処置という不要な負荷をかけることなく、カビ被害を受けた作品のクリーニングを安全に実施することができたので、ここに報告する。

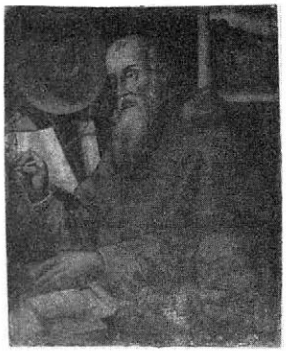


Fig.1 処置前の作品画面

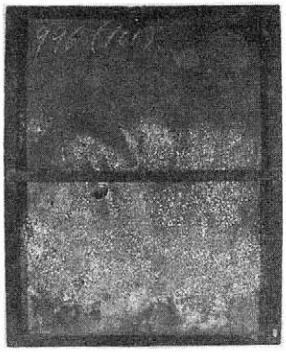


Fig.2 処置前の作品裏面

2. 作品調査

2.1<作品概要>

作品は天地105.7×左右84.5cmの油彩画であり、暗い室内で執筆をする聖ヒエロニムスが描かれている。支持体は亜麻糸の平織布で、地塗りには赤褐色の有色地が使用されている。地塗りに対するXRFおよびXRD分析の結果からHematite, Calcite, Gypsum, Quartzなどが使用されていることが分かっている。その他、作品の技法的特徴から、16世紀後半から17世紀初頭の時期を制作年代と想定しているが、作品の来歴情報等は残されておらず詳らかでない。

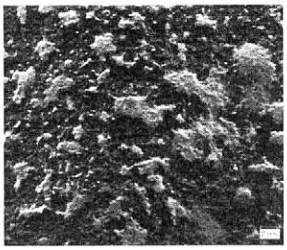


Fig.3 RTI(Reflectance Transformation Imaging)による処置前の作品裏面部分観察

2.2<状態調査>

特に作品裏面の下部三分の二が広くカビ汚染の状態にあり(Fig.2, 3)、今後の作品調査・修復処置および二次被害防止にとって、被害への対処は喫緊の課題となっていた。さらにこれらの領域には絵具層が非常に脆弱になっている部分もあり、媒剤などの素材成分がカビ生育を助長した可能性も示唆された。

3. カビ汚染資料に対する初動措置

3.1<作品の隔離>

あらゆる処置に先駆け、まず作品の隔離を行なった。厚手のビニールシートで作品を覆うことで二次汚染に備えつつ、さらにアーカイバルボード製の保存箱に収納し、急激な環境変化に対処した。作品がカビ汚染被害を受けてかなり時間が経過しており、当時の保存環境については不明な点が多い。目視による観察からはカビは十分に乾燥しており、また活性時のような匂い成分の揮散も感じられなかった。カビは休眠状態(不活性)のようであったが、生き残った胞子が残存している可能性も否定できなかった。

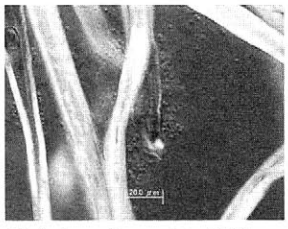


Fig.4 *Aspergillus restrictus* の菌体

3.2<菌種の同定と活性度評価>

直接検鏡の結果、*Aspergillus restrictus*の菌体と*Eurotium*の子嚢果が確認された(Fig.4,5)。さらに作品裏面より滅菌綿棒にて採取した供試サンプルを、好乾性カビ用のM40Y寒天平板培地と一般カビ用のPDA寒天平板培地にて、25℃で14日間培養を行なった。これにより菌種の同定と、胞子の活性度を評価した。

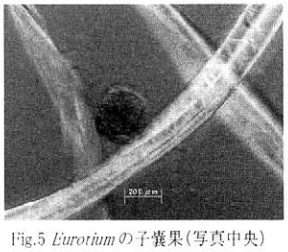


Fig.5 *Eurotium* の子嚢果(写真中央)

4. カビ汚染の除去

4.1＜培養結果と解決すべき課題＞

直接検鏡からは好乾性のカビが同定されたが、培養の結果、全ての培地からカビの生育は確認されず、残された胞子は死滅しているものと考えられた。代謝色素の被害も比較的軽微であることから、作品表裏面に残存している菌体(胞子・菌糸等)をいかに安全に除去するか、二次被害の防止が保存修復上の課題となった。

カビの存在は作品の外観に大きな障害を与えるばかりでなく、虫害の原因を作り、保湿層や栄養源として新たなカビ被害を招く要因ともなる。またカビが死滅し病原性が失われているような場合でも、人体へのアレルギー反応による感染症への怖れは高く、作品の安全と作業者の健康を守るために、直ちに死滅したカビを除去し、その後の調査および修復処置に繋げる必要があると考えられた。

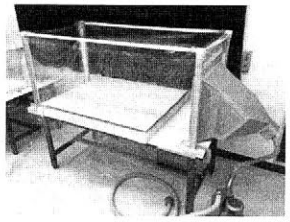


Fig.6 クリーニング用簡易ドラフト

4.2＜クリーニング方法の検討＞

カビの胞子は死滅しており活性化する可能性がないことから、作品に大きな負荷をかける薬剤による殺菌処置は行なわず、物理的な除去の方法を検討した。カビの汚染被害が著しいのは、特に作品裏面などの画布面であり、絵画構造の隙間に入り込んだカビを効果的に取り除く必要があると同時に、絵具層などの作品にとって重要な構成要素に対して新たな損傷を引き起こさない技術が要求された。検討の結果、刷毛やスポンジを使用しての徒手による穏やか物理的方法と、掃除機の吸引力とを併用したドライクリーニング法を選択した。

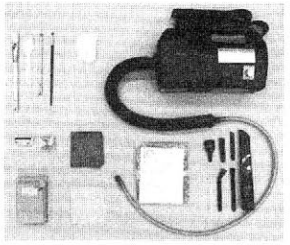


Fig.7 ドライクリーニングに使用した道具類

4.3＜装備および道具類＞

クリーニングに限らずカビ被害を受けた資料を扱う際には、作業者の安全衛生面に配慮する必要がある。先述のように、死滅したカビでも感染症誘発の危険性があり、体内に取り込まないようマスクとゴーグルの装備は必須である。カビ胞子は小さくとも直径1μm程度なので、これを除くことができる使い捨てのDS-2レベル以上の防塵マスクを準備した。その他に使い捨てのヘアキャップ、白衣、手袋、シューズカバーなどを利用することで、処置後の作業区域外への二次被害を軽減することができた。また実際の処置に際しては、換気機能をもった自作の簡易ドラフト内に作品を設置し(Fig.6)、ノズル先端をガーゼ等で覆ったHEPAフィルター内蔵のミュージアムクリーナーに柔らかい筆でカビを誘引し、吸引除去を行なった(Fig.7,8)。

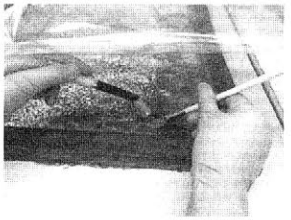


Fig.8 ドライクリーニングの様子

5. クリーニングの効果とカビ生育の客観的評価

5.1＜ドライクリーニングの効果＞

ドライクリーニングにより作品表裏面に付着していたカビを、目視レベルで完全に除去することができた(Fig.9,10)。これにより、カビで見え難くなった作品上の様々な情報が判別可能となり、人や環境への二次被害の危険性も減少したことで、作品調査と修復処置のための準備が整った。しかしドライクリーニングの効果は作品の表面に限られており、全てのカビ菌体を完全に取り除くことは不可能であった。油彩画の積層構造の中で、内部深くに残存している菌体についても調査を行い、薬剤による殺菌処置の必要性の有無を判断した。

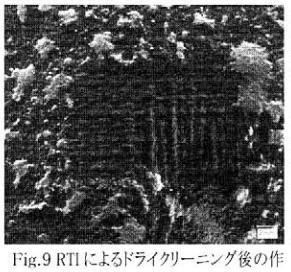


Fig.9 RTIによるドライクリーニング後の作品裏面部分観察

5.2＜残存菌体の生育に関する客観的評価＞

マイクロスコープ観察より、繊維内部のカビが残存している箇所から微量のキャンバス片を採取し、M40Y平板培地にて25℃で14日間、採取サンプルの直接培養を行なった。その結果、全ての培地からカビは生育せず、絵画層深部に残されたカビについても死滅していることが確認された。この結果を受け、薬剤による殺菌処置などは行なわず、環境管理によって作品のカビ被害対策を継続することにした。

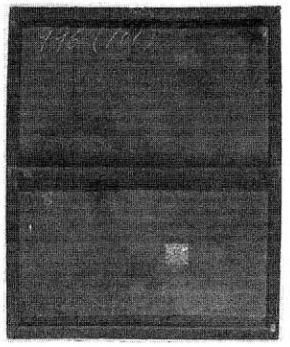


Fig.10 ドライクリーニング後の作品裏面

6. おわりに

夏季、高温多湿環境の日本では絵画などの美術品に対するカビ被害が多数報告されているが、その具体的な対処法が十分に確立されていない状況にある。この背景には、微生物学的調査技術の高い専門性がハードルとなっており、コンサバター単独による処置方法の立案を困難にしている。本研究ではこれらの課題に対し、微生物学者との共同研究により臨んだ結果、カビ菌種同定とその活性度を評価し、被害状況を科学的・客観的に判断することができた。これにより、作品に負荷をかける薬剤による殺菌処置を省略でき、適切なクリーニングの実施が可能となった。

安藤緑山の牙彫技術に関する一考察－蛍光X線分析の結果から

A Study of ivory carving techniques of Ando Rokuzan

－Approach from the X-ray fluorescence analysis

○日髙真吾、園田直子（国立民族学博物館）和髙智美（文化創造巧芸）
河村友佳子、橋本沙知（元興寺文化財研究所）、小林祐子（三井記念美術館）

1．はじめに

三井記念美術館所蔵の安藤緑山作「染象牙果菜置物」、「染象牙貝尽置物」は、みごとな彫刻技術と着色技術を駆使した象牙彫刻（牙彫）である。一方、その制作技術は、文献も残っておらず、何よりも緑山が自身の技術について一代限りのものとして弟子も取らなかったことから、謎の多い技術とされている。このたび、三井記念美術館が主催する「特別展 超絶技巧！明治工芸の粋」で緑山作の牙彫が出展される機会を利用して、「染象牙果菜置物」のうち、茄子（写真1）、仏手柑（写真2）、蜜柑（写真3）、柿（写真4）、無花果（写真5）と「染象牙貝尽置物」（写真6）に用いられた着色材料の成分組成を観察するため、蛍光X線分析をおこなった。

そこで、本発表では、両作品の蛍光X線分析の結果を示しつつ、安藤緑山の牙彫制作の技法について考察する。

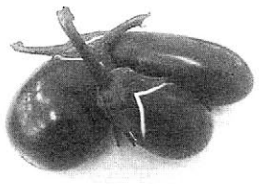


写真1 「茄子」

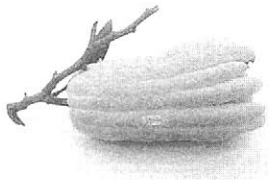


写真2 「仏手柑」

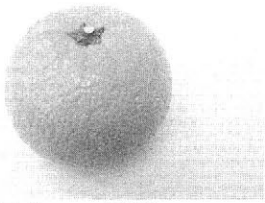


写真3 「蜜柑」

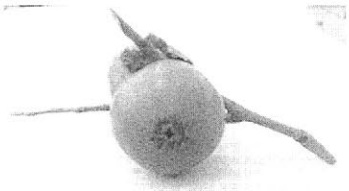


写真4 「柿」

写真5 「無花果」

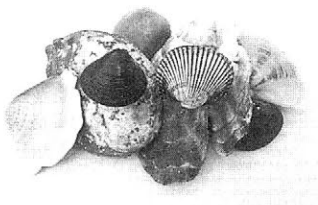


写真6 「染象牙貝尽置物」

2．測定に用いた蛍光X線分析装置

「染象牙果菜置物」、「染象牙貝尽置物」への蛍光X線分析で用いた装置は、携帯型成分分析計 Thermo NITON XL3t-950S(株式会社リガク販売)（写真7）である。下記に分析条件を示す。

分析条件
装置名：携帯型成分分析計 Thermo NITON XL3t-950S
X線発生装置部：小型蛍光X線管/対陰極 Ag ターゲット(半透過型)
X線照射径：3mm
最大定格：50kV-2.0W(電流値は自動可変)
測定モード：Mining Cu/Zn

写真7
携帯型成分分析計

3．分析方法

本分析では、着色の施されていない象牙（写真8）をコントロールとして「染象牙果菜置物」、「染象牙貝尽置物」の各着色部位の蛍光X線分析の分析結果を比較した。また、定性に当たっては、ファンダメンタルパラメーター法(FP法)で定量された値のうち、100ppmを検出限界と設定し、検出元素を定性した。

コントロールの測定結果は、Sr(ストロンチウム)、Ca(カルシウム)、K(カリウム)、P(リン)、Cl(塩素)、硫黄(S)が検出された。そこで本稿では、ここでえられた値を象牙の基本元素として、緑山作品の測定結果と比較することとした。

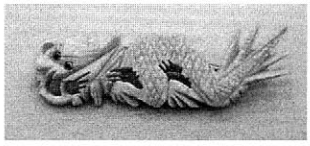


写真8
コントロールの象牙

4．考察

分析をおこなった6つの作品の測定結果を概観すると、着色が施される部分については、Si(ケイ素)がよく検出された。また、Si(ケイ素)以外に検出された元素として、W(タングステン)、Al(アルミニウム)、Mn(マンガン)、Fe(鉄)が検出されており、Si(ケイ素)とこれらの金属を主成分とする無機系の着色材料がもちいられた可能性があると考える。

一方、着色のある部位で「仏手柑」「無花果」、「染象牙貝尽置物」の一部にSi(ケイ素)が検出されなかった。したがって、これらの着色材料については、無機系以外の着色材料の存在も視野に入れておく必要がある[1)]。また、「無花果」の果梗部断面(こげ茶色)（写真9）は、顕微鏡観察で黒い異物が観察されていることから、違った視点でさらなる考察を進めることが必要であろう。

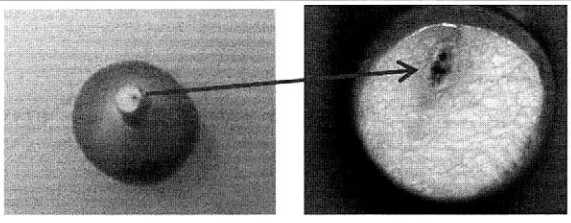


写真9　「無花果」果梗部断面（こげ茶色）

5．まとめ

本稿では、制作技法が明らかではない作品について、蛍光X線分析の結果から考察を加え、主要な着色材料として、無機系の着色材料の可能性を指摘した。ただし、象牙という素材に対して、これらの着色材料をどのような技法で着色したのかについては、蛍光X線分析の結果だけでは判断できない。今後は、ここで得られた着色材料の可能性をさらに検証し、具体的な着色塗料を予測したうえで、再現試験等の実験をおこなう必要があると考える。また、同じ作者の作品でも、これらの作品とは異なり、光沢のない着色が施されている牙彫も数多くあることから、より総合的視点からの牙彫技法の解明が必要となる。

1）園田直子「「染象牙果菜置物」（安藤緑山作）の観察結果」『超絶技巧！明治工芸の粋』P146-149

MRIを用いた水浸出土木材の内部性状の可視化
—磁化移動効果を用いたポリエチレングリコールの浸透性測定—

Visualization for internal property of waterlogged wood using MRI ; Measurement of polyethylene glycol permeability with magnetic transfer effect

金澤裕樹[1]・○山田哲也[2]・木戸晶[1]・藤本晃司[1]・小澤聡[3]・小泉幸司[3]・大國万希子[2]
植田直見[2]・富樫かおり[1]
1．京都大学大学院医学研究科放射線医学講座（画像診断学・核医学）
2．（公財）元興寺文化財研究所　3．京都大学病院放射線部

【目的】高分子化合物であるポリエチレングリコール（polyethylene glycol: PEG）は，文化財保存の分野において，水浸出土木材を保存処理する薬剤として使用されている．我々はMRIを用いて，高分子物質に対して反応性のある磁化移動（magnetic transfer：MT）効果とPEGの浸透性を評価した．

【方法】1.5テスラMR装置（東芝メディカルシステムズ社製）を用いて実験を行った．試料は，水浸出土木材（マツ属二葉松類，直径 11.5 cm，長さ 27 cm）を3分割に裁断し，長径 10 cm と 5 cm に裁断したものとした（Fig. 1）．溶液浸透期間を2週間として，0, 20，40，60，80，100 %濃度のPEG溶液に浸したMRIを各々撮像した．撮像条件は，3D Field echo 法にて，TE：5.5 ms，TR：20.2 ms，Flip Angle：20 degree，スライス厚：6 mm，スライス枚数：50 スライス，FOV：30 × 30 cm，撮像マトリクス：256 × 256，帯域幅：± 61 Hz とし，MTC pulse ありとなしの2種類の画像を取得した．MTC pulse を付加した場合はMTC frequency：2000 Hz とした．収集したMR画像から，辺縁部，中間部，深部に対して関心領域を設定し，MTC pulse ありとなしの画像から磁化移動率（magnetic transfer ratio：MTR）およびその変化率ΔMTR（PEG(+) - PEG(-)）を算出した．

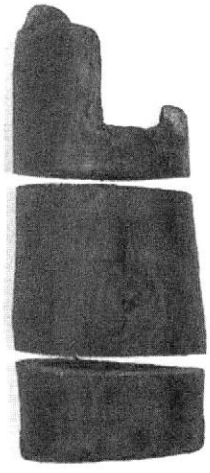


Fig.1　Photograph of specimen: water logged wood (the pine species having two needles in a fascicle belonging to the genus Pinus).

【結果】Fig.2 にPEG溶液濃度とMTRの関係を示し，Fig. 3 にPEG溶液濃度とΔMTRの関係を示す．PEG溶液濃度が上昇するとMTRが低下した．また，10cm 裁断木は，中間部・年輪中心部はPEG 40 %まで，辺縁部は60 %までΔMTRの低下が持続した．一方，5cm 裁断木は，

中間部・年輪中心部は PEG 80 %まで，辺縁部は 100 %まで ΔMTR の低下が持続した．

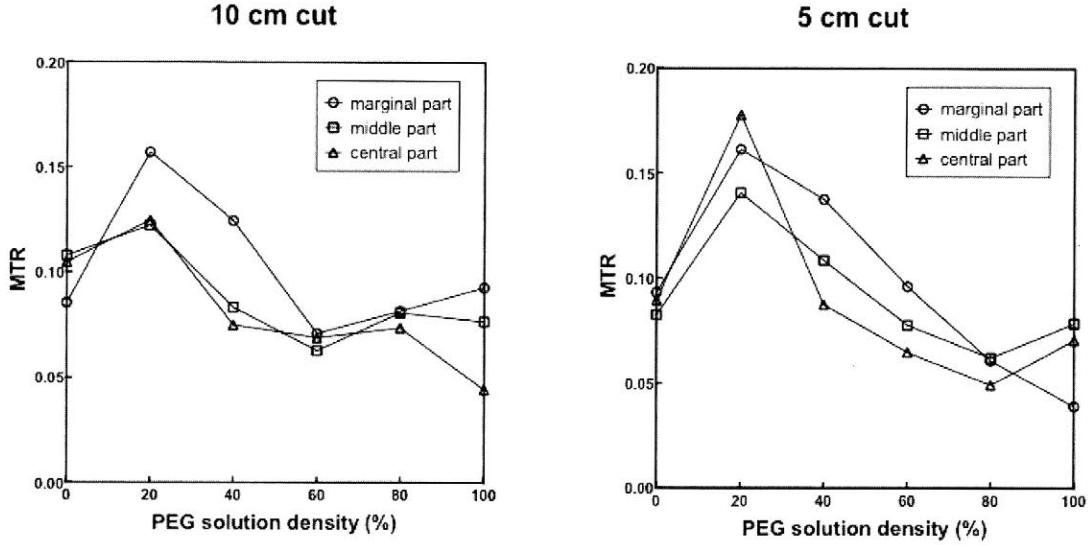


Fig. 2 Relation between MTR and PEG solution density of **water logged wood** measured at each ROI. Left shows 10 cm cut-wood, right 5 cm cut-wood.

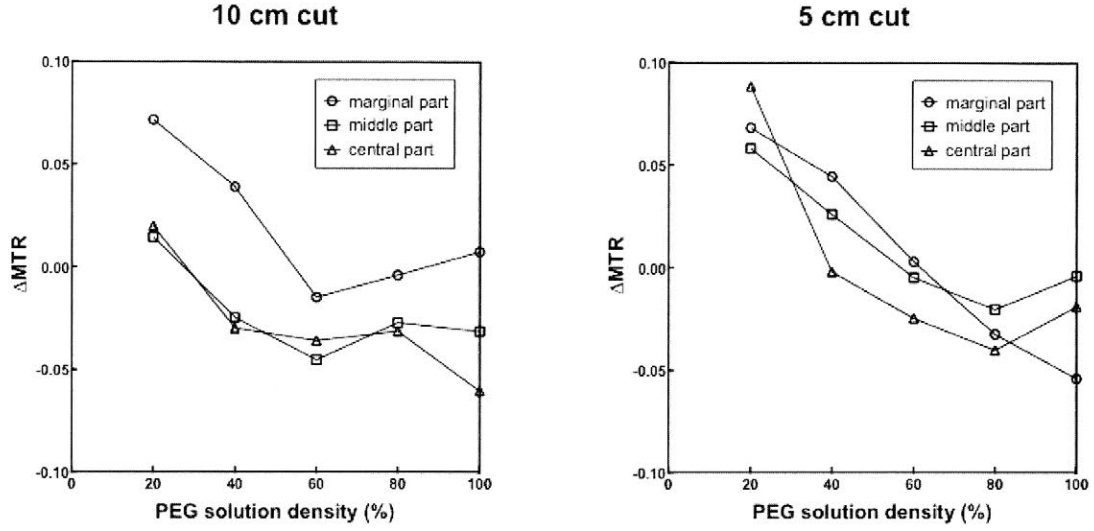


Fig. 3 Relation between ΔMTR and PEG solution density of **water logged wood** measured at each ROI. Left shows 10 cm cut-wood, right 5 cm cut-wood.

【結語】容積が大きい水浸出土木材は，低濃度 PEG で水との置換が可能であるが，高濃度 PEG に置換するには 2 週間では不十分であることが示された．MTR を計測することで，非破壊の状態で PEG の浸透性を評価することが可能であった．

【謝辞】本研究は，平成 24-26 年度科学研究費助成事業　基盤研究（C）「MRI を用いた水浸出土木材の内部性状の可視化に関する基礎的研究」(課題番号:24501264　研究代表者:山田哲也)による成果の一部である．

鳥取県良田中道遺跡土壌から培養した鉄還元細菌によるベンガラの還元

Reduction of red iron oxide by iron reducing bacteria cultured from Yoshida Nakamichi site in Tottori City, Tottori Prefecture

○李素妍(鳥取大学)、谷口智子(鳥取大学、卒業生)、吉川英樹(環境省)
○Soyeon Lee(University of Tottori), Tomoko Taniguchi(University of Tottori), Hideki Yoshikawa(Ministry of the Environment)

1. はじめに

古代から伝わる赤色顔料には、朱（HgS）、鉛丹（Pb_3O_4）、ベンガラ（Fe_2O_3）の3種類があり[1]、埋蔵文化財において多く使用されているベンガラにはその外見、材質、状態の違いから数種のものが認められている[2]。ベンガラは鉄酸化物で劣化しにくい顔料であるが、土壌から出土した土器にベンガラが付着した場合、しばしばその塗彩が剥げていることがあり[3]、その原因は解明されていない。鉄還元細菌は、土壌中の空隙水中の鉄(Ⅲ)イオンを鉄(Ⅱ)イオンに還元するときに生じるエネルギーを利用して活動する[4]。土壌中の鉄還元細菌が埋蔵文化財に使用されているベンガラの劣化要因の一つになりうると考えられる。本研研究では、赤色顔料ベンガラの微生物劣化の可能性について検討するため、鳥取県良田中道遺跡の土壌を用いて鉄還元細菌を培養し、その細菌によるベンガラの還元実験を行なった。本実験で使用した試薬のベンガラの形態的特徴を調査し、埋蔵文化財のベンガラとの形態的特徴を比較したのでその成果を報告する。

2. 実験方法および観察方法

鳥取県良田中道遺跡で袋状鉄斧が出土された層位において滅菌済みの容器を打ち込み、土壌採取を行なった。土壌中における微生物の生息を確認するために培養実験を行なった。寒天培地（pH7）を用意し、121℃、20 分間オートクレーブにて滅菌を行なった。寒天培地に塗布する細菌抽出のため、採取した土壌に滅菌水を加えながら 10^4 倍に希釈して希釈液をつくった。この希釈液を寒天培地が入ったマイクロシャーレに均一に塗り広げて試料を用意した。培養期間は25℃、3 日間である。培養後、寒天培地にアクリジンオレンジ（この試薬はレーザー照射のとき、微生物の DNA に対して緑色に蛍光を示す）を滴下し、レーザー顕微鏡で寒天培地を観察した。観察に使用した電子顕微鏡は Leica 社製 DM2500 Microsystems LAS-TSCSPE である。

寒天培地で培養した微生物の中で、鉄還元細菌の生息有無を確認するために培養実験を行なった。ベンガラが添加された液体培地を調整し、121℃、20 分間オートクレーブにて滅菌を行なった。寒天培地で培養したコロニーの一部を採取し、液体培地に流し込んで試料を用意した。培養期間は 25℃、14 日間である。培養後、各試料に 0.2%α，α′－ジピリジル溶液（溶媒：10%酢酸）を分注し、試料が赤く変色したものを鉄(Ⅱ)イオンが生成したと判断して鉄還元細菌が存在するとした。本実験で使用した試薬のベンガラに対して走査型電子顕微鏡分析を行なった。分析のとき、ベンガラが試薬であることおよび鮮明な画像を取得するために金蒸着をした。分析装置は JEOL 社製 JSM-6510LV であり、分析条件は、管電圧 15kV、WD：10mm である。走査型電子顕微鏡のエネルギー分散型 X 線分析機能により元素分析および元素分布を確認した。

3. 結果と考察

培養後、寒天培地にコロニーの生成が観察された（Fig.1）。コロニーは微生物の集落であり、コロニーの生成により微生物の生息を確認できる。寒天培地にアクリジンオレンジを滴下してレーザー顕微鏡で観察したところ、コロニーが緑色に蛍光して良田中道遺跡の土壌において微生物が生息していることがわかった。

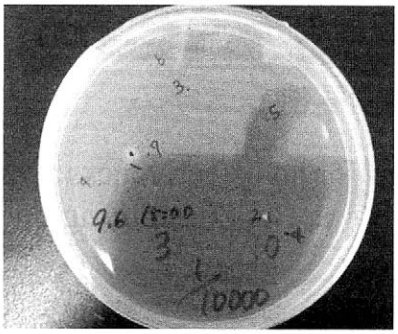


Fig.1 培養後の寒天培地
希釈液を塗布した寒天培地に7つのコロニーが生成された。

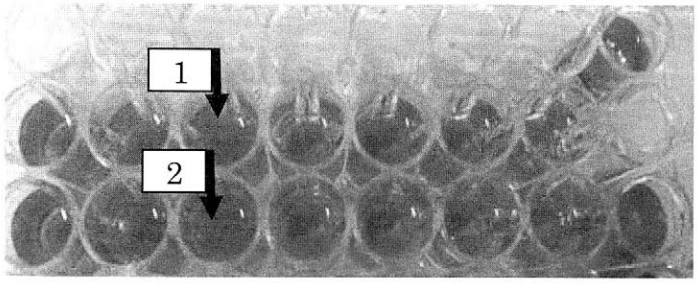


Fig.2 ジピリジル溶液滴下後の液体培地
液体培地16個の中でジピリジル溶液に反応したのは培地1と培地2であった。

培養した寒天培地ではコロニーが部分的に確認されて、埋蔵文化財に微生物が局部的に付着していると推定される。ベンガラが添加されていた液体培地の培養後、ジピリジル溶液に反応して赤く変色した培地がみられたので、Fig.2 に示す。液体培地に鉄還元細菌が生息していて、培地中のベンガラを還元したことがわかった。

走査型電子顕微鏡でベンガラ粒子の大きさと形状を確認し、本実験で使用したベンガラの粒子の大きさが約200～350nmであり、球状であることがわかった（Fig.3）。出土文化財でみられるベンガラの種類には、人造ベンガラ、丹土ベンガラ、赤土ベンガラ、パイプ状ベンガラがある。人造ベンガラはきれいな球状微粒子をもち、中・近世以降にみられる[5]。本実験に使用したベンガラの形状は人造ベンガラに似ていて、遺跡土壌を用いて培養した鉄還元細菌が球状のベンガラの還元に関与していたことを明らかにした。エネルギー分散型X線分析の結果、ベンガラの主成分であるFeとOの他にもC、Al、Cl、Auを検出した。Cは試料台に貼り付けたカーボンテープによるもので、Auは蒸着に使用したものである。AlとClは、発色を良くするために入れられている場合が多く、ベンガラの成分にはよく見られるものである[6]。本実験において鉄還元細菌が球状のベンガラに対して鉄還元能を示したが、ベンガラは製法により粒子の形状および大きさが異なり、これらのベンガラにおいて同じ結果が得られるかを今後の課題にしたい。

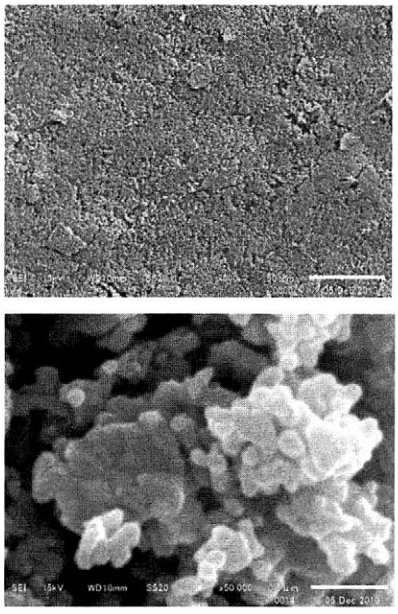


Fig.3 ベンガラのSEM画像

【引用文献】

1) 樋上 昇，“稲沢市一色青海遺跡出土の絵画土器について”，愛知県埋蔵文化財センター研究紀要，11，pp. 73-78（2010）

2) 本田光子，“出土ベンガラの多様性について”，日本文化財科学会第14回大会研究発表要旨集 pp. 78（1997）

3) 高田 潤，“ベンガラの歴史と材料科学的研究”，チルチンびと，23，pp. 84-85（1997）

4) 李素妍，松井敏也，吉川英樹“腐食鉄片における鉄還元能をもつ細菌の活動による腐食生成物の変化”，韓国保存科学会誌，26，pp. 407-416（2013）

5) 北野信彦，“平安宮の赤い色”リーフレット京都，222（2007）

6) 北野信彦，“丹土ベンガラの製法に関する基礎的調査”くらしき作陽大学・作陽短期大学研究紀要代，38(1)，pp. 53-69（2005）

冬場の臼杵石仏における覆屋の
有効性評価のためのリアルタイム環境観測システム

A Real-time environment monitoring system for an effectiveness evaluation of protective shelters in the Usuki Stone Buddhas during a winter season

○小泉圭吾（大阪大学），森井順之（東京文化財研究所），
神田高士（臼杵市教育委員会），伊藤広宣（㈱文化財保存活用研究所）
○Keigo Koizumi (Osaka University), Masayuki Morii（National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo），Takashi Kanda（Board of Education, Usuki City）, Hironobu Ito（The Institute for Conservation and Use of Cultural Heritage,Oita Co.,LTD）

1．はじめに

石造文化財の風化，劣化要因の 1 つとして凍結融解が挙げられる。大分県にある国宝臼杵磨崖仏群においても凍結劣化の問題は重要課題のひとつとして挙げられている。朽津 [1]は、平成 13 年 1 月の寒波により古園石仏群・ホキ石仏第二群において岩表面温度が 0℃を下回り、石仏の一部で凍結による剥離被害を受けたことを報告している。森井 [2]は、過去二回の大規模な保存整備および修理により、現在の臼杵石仏群は良好な保全状態を保っているとしながら、10 年に一度の大寒波時における凍結現象に対する対策は喫緊の課題であるとしている。図 1 は、気象庁大分地方気象台における 1887 年～2013 年までの最低気温の月平均値を示したものである。このグラフから、127 年間において、0℃を下回ったのが 38 回、-1℃を下回ったのが 9 回確認され、臼杵磨崖仏においてもここ最近では 2011 年 1 月に凍結現象による表面剥離が確認されている。現在、東京文化財研究所、臼杵市により、冬季寒冷時に覆屋の開口部に対してテント生地製のロールカーテンを設置することで、凍結防止対策が行われている。そこで、本研究では冬季の凍結現象を監視するためのリアルタイム温湿度環境観測システムを構築するとともに、現在行われている気温の低下を抑制するための覆屋およびロールカーテンの効果について評価を行った。

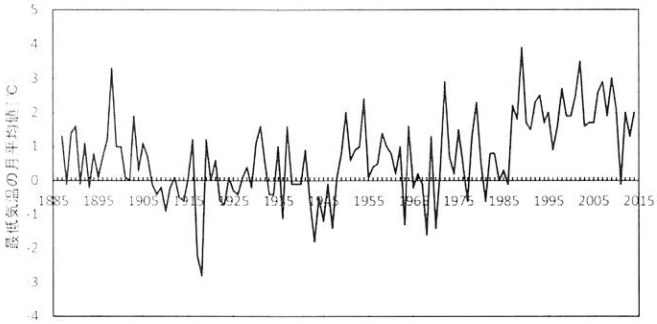


図 1　大分気象台における最低気温の月平均値
（1887 年-2013 年）

2．リアルタイム環境観測システムの構築

臼杵石仏群は半径 70m 程度の範囲内に 4 か所に分かれて分布しているため、各地点の温湿度情報を一か所に集約し、リアルタイム観測を行うことは難しい。そこで無線センサネットワーク技術の 1 つであるメッシュ型ネットワークと広域通信技術を組み合わせることで、遠隔からリアルタイム観測が可能なシステム [3]を構築した。図 2 に示す無線式温湿度計測機（子機）は温湿度センサ、無線モジュールおよびバッテリーで構成されており、10 分間隔で 1 年の計測が可能である。図 3 は対象エリアにおける子機および観測ステーションの設置関係を示した図である。工事により、現在、山王山石仏における子機は撤去したが、古園石仏、ホキ石仏第一群、

ホキ石仏第二群にはそれぞれ、覆屋内に 1 ないしは 2 台の子機を設置した。また、図中、No. 1、No. 2 および No. 5 は覆屋外の温湿度計測と無線通信のための中継器の役割を兼任する子機として設置した。各計測データは無線ネットワークにより観測ステーションに伝送され、インターネットを介して、リアルタイム監視できるシステムを構築した。

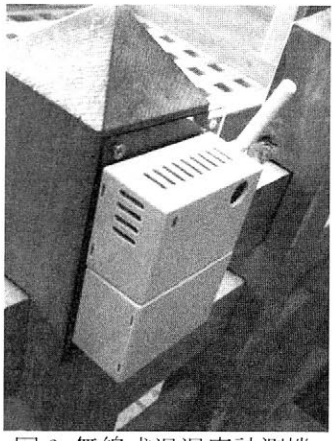


図 2 無線式温湿度計測機

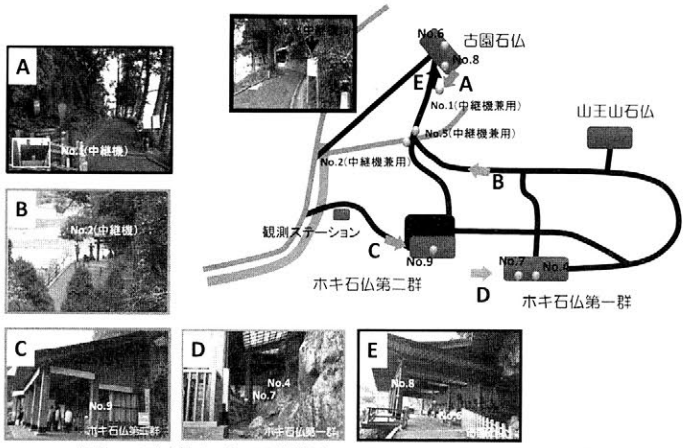
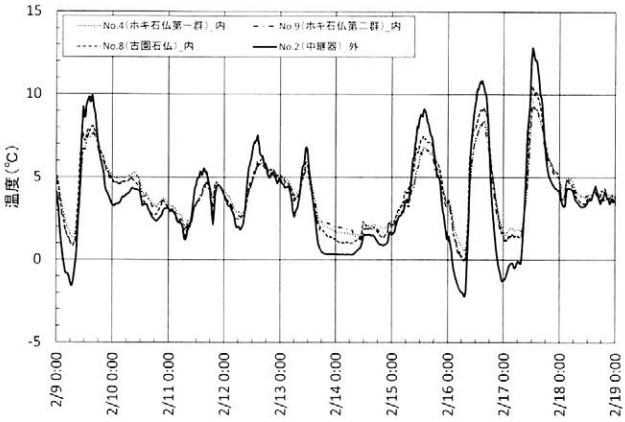


図 3 子機および観測ステーションの配置図

3．観測結果

図 4 は 2014 年 2 月 9 日～18 日の主な観測地点の気温変化を示した図である。図より、①覆屋外（No. 2）と比べ覆屋内（No. 4、No. 9、No. 8）の日変動が小さいことが確認された。②覆屋外で最低気温が 0℃を下回った際にも、覆屋内では 0℃を上回っており、この間の気温差は最大で 2℃程度になることが確認された。③インターネットを介して、観測ステーションにアクセスすることで、上述のような気温低下時の覆屋内の環境をリアルタイムに監視できることを確認した。



4．まとめ

冬場の覆屋内および外の気温を比較した結果、覆屋およびロールカーテンが気温低下の抑制に効果があることを確認した。また、本環境観測システムを構築することで、気温低下時の覆屋内の気温をリアルタイムに観測できることが確認された。今後は、凍結の危険性をメールで担当者へ通知できる監視システムへと改良していく予定である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 24650590 の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 朽津信明(2001)：国宝臼杵石仏の保存にかかわる応用地質学的調査(2)-湧水量変動の計測-，平成 13 年度研究発表会講演論文集，日本応用地質学会，pp. 335-358.
2) 森井順之(2014)：大分・臼杵磨崖仏における次期保存修理に向けた調査研究，地盤遺産シンポジウム，pp. 55-58.
3) 小泉圭吾，石崎武志，小椋大輔，佐々木淑美，日高健一郎(2012)：ハギヤ・ソフィア大聖堂における無線式常時環境観測システムの開発，保存科学，No. 51，pp. 293-302.

田熊石畑遺跡における青銅器埋蔵環境に関する実測調査

Field survey on the preservative environments of unexcavated bronze objects at Tagumaishihatake site

○脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、柳田明進（橿原考古学研究所）、高妻洋成（奈良文化財研究所）

○Soichiro Wakiya[1)], Akinobu Yanagida[2)], Yohsei Kohdzuma[1)]

1) Nara National Research Institute for Cultural Properties, 2) Archaeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture

1. はじめに

福岡県宗像市所在の田熊石畑遺跡では、これまでの発掘調査によって現地表から比較的浅い位置で多数の青銅器が発見された。その後の材質・構造調査から、それら遺物の保存状態は極めて悪く、脆弱となっていることが明らかとなった。未発掘の墳墓内にも未だに青銅器が埋蔵されると推定されているが、一方で当面の間、これらの発掘調査は実施され得ないため、埋蔵環境中での劣化の進行が危惧される。そこで本研究では、現地実測調査結果から青銅器がおかれている現在の埋蔵環境について検討し、さらに、遺跡土壌の熱水分移動特性に基づく数値解析から、遺跡直上の現地表面に盛土などの環境改善策を施した場合に、埋蔵環境がどのように変化するのか検討をおこない、今なお土中に埋蔵されていると推定される青銅器の劣化を抑制するための方策を検討するものである。本稿では外界気象条件、および土中の埋蔵環境について、これまで得られた実測調査結果から、青銅器がおかれている現在の埋蔵環境について検討した。

2. 実測調査

田熊石畑遺跡現地において2013年11月から下記項目の実測調査を実施している。

・外界気象条件：気温、湿度、大気圧、風向（平均値と瞬間最高値）・風速、水平面全天日射量、降水量

・土中の埋蔵環境調査：水分ポテンシャル、土壌温度、土壌間隙中の酸素濃度

現地は赤褐色を呈する非常に粘質な土（地山土）を、かつて耕作土であった黒色を呈する土（埋土）が覆う。両土層の境界は概ねGL-0.3 m付近に位置する。土中の埋蔵環境調査では、埋土と地山土両者において上記の３項目について測定を実施しており、センサの設置深度はそれぞれGL-0.2 m（埋土）、GL-0.3 m（地山土、土層境界直下）である。また、埋蔵環境下にある金属製遺物の劣化に対して、大きく影響をおよぼす因子は間隙水中の溶存酸素濃度である。しかし、不飽和の土壌中において溶存酸素濃度を連続測定が可能なセンサが得られなかったことから、本研究では気相中の酸素と液相中の溶存酸素は局所平衡にあると仮定して気相中の酸素濃度の測定を実施し、その結果から埋蔵環境を検討することとした。

3. 結果と考察

３．１．外気温と土中温度　図１に外気温と土中温度の日平均値と日最高・最低値を示す。日較差は外気温において大きな値を示す一方で、土中温度では大幅に減少することが認められた。土中の深度が増すほどその傾向は顕著で、地山（GL-0.3 m）では日較差が殆ど認められなかった。外気温の日平均値は、その日の天候に大きく影響されて日によって大きく変化するが、一方、土中温度では日ごとの差異は小さなものとなり、深度が増すほど一層小さくなることが認められた。青銅器の推

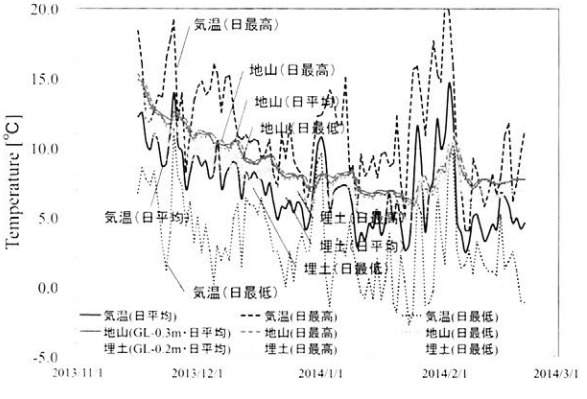


図１　外気温・土中温度の日平均、日最高、日最低値

定埋蔵深度、すなわちGL-0.3 m付近では、日毎の温度変化幅は地表付近と比較すると減衰しているものの、冬期の調査期間において最大約2℃を示しており、土中の埋蔵環境としては温度変化が若干大きな環境と考えられる。

3．2．土中の含水状態　図2に各深度における土中の水分ポテンシャルと降水量を示す。今回の調査で水分ポテンシャルの測定にもちいたセンサ（DECAGON DEVICES 社製、MPS-2）は、測定上限値が-10 kPaである。降雨強度が強い時に、水分ポテンシャルのわずかな増加が認められるが、その変化は極めて小さく、いずれの測定深度においても常に測定の上限値を超える高い値を示したことから、常に水分飽和に近い状態にあることが示唆された。昨年度に実施した、埋土と地山の透水性・保水性に関する試験から、地表を覆う埋土は比較的高い透水性を示すが、下層の地山土は極めて透水性に乏しく、保水性の高い土であることが明らかとなっている。したがって、地山土内では外界気象条件の影響は極めて軽微で、水分移動が殆ど生じていない状態にあり、常に高含水状態にあると考えられる。一方、埋土と地山土の境界付近で透水性に大きな抵抗があるため、上方から埋土内部を浸透した水分が土層境界を越えて下方には殆ど移動することが出来ないため、埋土底部でも常に高含水状態にあると推察される。したがって、含水状態においても金属製品の埋蔵環境としては過酷な状況にあると考えられる。

3．3．土壌間隙中の酸素濃度　図3に土中の酸素濃度と降水量を示す。大気中の酸素濃度は約20.9％で一定であるのに対して、土中の値はいずれも低い値で増減を示した。特に埋土中の測定値は大きく減少し、極めて低い値を示した。酸素濃度は温度の影響を受けるが、図1に示したように埋土と地山土では土中温度には大きな差異は認められないことから、土中の含水率、すなわち実質の空隙量が両土壌において大きく異なっている可能性があるものの、推定の域をでない。今後の測定結果もあわせて検討する必要がある。一方、地山土の酸素濃度は増減を繰り返しており、その増加は比較的降水強度が強い降雨後に認められることから、雨水の影響を受けている可能性が示唆される。いずれの測定結果についても変動の要因については今後検討をおこなう必要があるが、地山土では比較的酸素濃度が高いことから、土壌空隙中の空気と土中水が平衡状態にあると仮定すると、その溶存酸素濃度は比較的高い値にあると推察される。したがって、この結果からも金属製品の埋蔵環境としては過酷な状態にあると考えられる。

4. 結論　未だ青銅器が土中に埋蔵されていると推察される田熊石畑遺跡において、その土中の埋蔵環境を推定するため、現地において微気象観測および土中の環境調査を開始した。微気象観測の結果、遺物埋蔵深度は比較的浅いため、日較差は小さいものの土中温度では日変化が認められた。また、土中の含水状態に関する測定の結果、埋土と地山土の透水性・保水性の関係から、遺物埋蔵深度では常に高含水状態にあることも明らかとなった。以上の結果から、金属製遺物の埋蔵環境としては過酷なものであると考えられる。酸素濃度は両土中で増減の挙動が大きく異なることが示唆され、その要因については今後の測定結果と合わせて検討する予定である。

【謝辞】本研究を実施するにあたり宗像市市民協働・環境部郷土文化交流課文化財係に多大なるご協力を頂いた。ここに記して深く謝意を申し上げます。

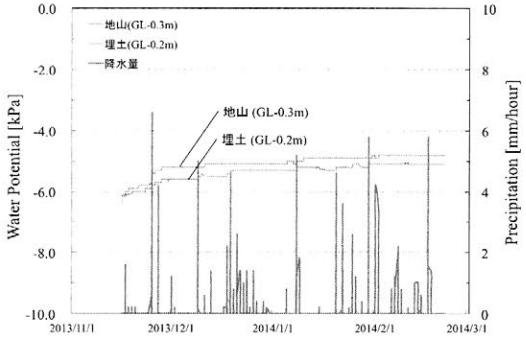


図2　土中の水分ポテンシャルと降水量

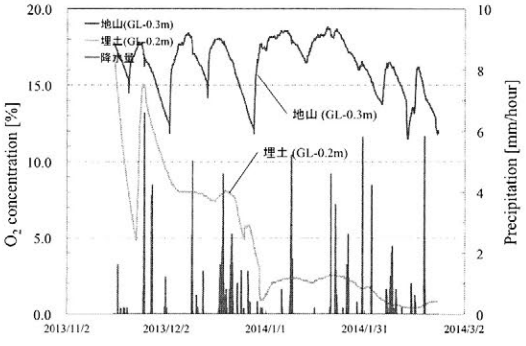


図3　土壌間隙中の酸素濃度と降水量

墳丘の被覆条件が石室内の温熱環境に与える影響に関する検討

Effect of the surface state and water content of burial mound soil on the thermal environment inside the stone chamber

○脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、小椋大輔（京都大学大学院）、高妻洋成（奈良文化財研究所）
○Soichiro Wakiya[1], Daisuke Ogura[2], Yohsei Kohdzuma[1]
1) Nara National Research Institute for Cultural Properties, 2) Kyoto University

1. はじめに　装飾古墳における装飾は、鉱物顔料をもちいた彩色、線刻や浮彫りなど様々であるが、その保存においては装飾が施された石材表層の保存、すなわち表層の剥離を抑制することが肝要である。石材の劣化を引き起こす要因としては、乾湿繰り返しや塩析出が代表的なものとして挙げられ、いずれも水を介して引き起こされるものであることから、装飾古墳の保存においては、石室内側石材表面における結露の発生を抑制することがきわめて重要と考えられる。本研究で研究対象とするガランドヤ１号墳、穴観音古墳および法恩寺山３号墳は、いずれも大分県日田市内に所在する装飾古墳で、同一の外界気象条件下に位置するものの、これらの墳丘の被覆条件は大きく異なると同時に、石室内における結露性状も異なる。本研究では、日田市の外界気象条件に加えて、これらの古墳の墳丘直上における微気象観測、および石室内の温熱環境調査を実施し、墳丘の被覆条件が石室内の温熱環境に与える影響について検討した。

2. 各古墳の概要　上述の古墳の概要は下記の通りである。

ガランドヤ１号墳：大正２年頃に墳丘土が完全に失われ[1]、石室石材が露出する状況となった。その後、石室を防水シートで覆った状態を経て、2010 年に仮設覆屋が設けられた。現在、整備に向けて工事が進められており、2013 年に石室の保護施設であるコンクリート製躯体が設けられた（写真１）。今後、躯体表面を保護盛土で覆い、保護施設が完成予定である。仮設覆屋の期間（2010 年～2013 年夏）、仮設覆屋内部は強制換気されていた。それ以後、コンクリート製躯体の建設工事期間中（2014 年３月末まで）は養生のため石室は覆われた状態にあり、石室内空気の換気は抑制されていた。覆屋設置以前は石室内石材表面において結露が頻発したが、設置後はその頻度が減少した。

穴観音古墳：昭和 47 年に残存する墳丘土に対して覆屋（屋根のみ、壁面無し）が設けられた。その後、墳丘土は乾燥が進行し、流出が認められている[3]。開口部に扉を設けているが、石材間に若干の隙間が認められる。夏期は側壁と奥壁、冬期は天井石を中心に結露が頻発する。

法恩寺山３号墳：丘陵上に位置しており、周囲を柵で囲まれることを除いては、開口部に扉が設けられているのみである。残存する墳丘土表面は竹や杉などの植生が覆っており、石室内部における結露の発生頻度は穴観音古墳と比較して低い。

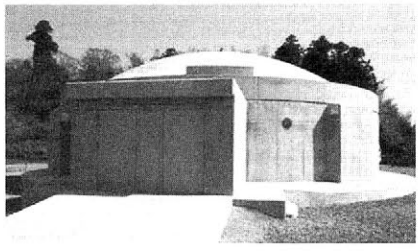


写真１　ガランドヤ１号墳石室を覆う躯体（日田市 HP から転載[2]）

3. 実測調査　ガランドヤ１号墳付近において日田市の外界気象条件を測定するとともに、各古墳の墳丘直上において微視的な気象観測を実施している。各古墳における測定項目を表１に示す。

4. 結果と考察　穴観音古墳の墳丘直上における温度と室内空気温度、および日射量の測定結果をそれぞれ図１、図２に示す。また、法恩寺山３号墳の日射量および降水量の測定結果をそれぞれ図３、図４に示す。なお、法恩寺山３号墳の石室内空気温度については測定結果に欠損があったため、ここでは割愛する。

表１　各古墳における測定項目

	ガランドヤ１号墳	穴観音古墳	法恩寺山３号墳
石室内(2013. 2～)	室内空気温度、湿度	室内空気温度、湿度	室内空気温度、湿度
石室外／墳丘直上(2014. 3～)	躯体内空気温度、湿度	外気温度、湿度 水平面全天日射量（覆屋屋根内）	外気温度、湿度 水平面全天日射量（林間） 降水量（林間）

図１から、穴観音古墳の石室内気温は日周期の変化を示さないが、外気温の日平均の変化に応じてわずかに変化する様子が認められた。また、図２から、穴観音古墳では覆屋によって日射が大幅に遮蔽され、天空光の一部が墳丘に到達する状態であることが示唆された。図３、４から、法恩寺山３号墳では墳丘表面の植生によって、日射が半分以下に遮蔽される一方で、雨水は大幅に減ずることなく墳丘直上に到達し得ることが示唆された。外気と各古墳石室内空気の温度と絶対湿度をそれぞれ図５、図６に示す。温度、絶対湿度ともにガランドヤ１号墳は外気の変化と概ね同じ挙動を示した。一方で、穴観音古墳では年周期の変動に位相の遅れと振幅の減少が認められた。法恩寺山３号墳ではデータが大きく欠損したが、その傾向がさらに顕著であることが示唆された。湿気の供給源は季節に応じて変化し、夏期は湿度が高い外気が、冬期は石室内の土壌表面から蒸発する水分が供給源と考えられる。したがって、強制換気をおこなっていたガランドヤ古墳は外気と概ね同じ挙動を示す一方で、換気が抑制された状態にある他２基の古墳の湿度は、外気と比較して夏期は低く、冬期は高い値を示したと考えられる。さらに、法恩寺山３号墳の測定値は、得られた期間が限定的であるため推測の域を出ないが、穴観音古墳と比較して石室内気温は冬期では高く、反対に夏期は低い傾向を示しており、３基の古墳の中でもっとも温熱環境が安定した状態にあると推察される。法恩寺山３号墳では墳丘を覆う植生の影響で、日射が一定程度遮蔽される一方で、雨水が墳丘上に供給されるため、１）墳丘土が塑性を維持して極端な流出を免れていること、２）墳丘土が一定程度の含水状態にあるため、墳丘自体が熱容量の大きな空間を形成していること、３）墳丘表面に到達した日射の一部は潜熱として移動し、その結果夏期において石室内空気の温度上昇が抑制され得るものと考えられる。穴観音古墳では、墳丘土に雨水が供給されないため墳丘土の含水状態が極めて低く、１）墳丘土の熱容量が土としては非常に小さなものへと変化していること、２）わずかに到達した日射が潜熱として移動することなく、夏期に石室内空気の温度上昇引き起こしていること、３）塑性を失った墳丘土が流出することで石室は一層断熱性を失っていることが影響をおよぼしていると考えられる。

5. 結論　本研究では古墳の墳丘直上における微気象観測、および石室内の温熱環境調査を実施し、墳丘の被覆条件が石室内の温熱環境に与える影響について検討した。その結果、墳丘土表面を植生が覆う状態では、日射が一定程度遮蔽される一方で、墳丘土が一定程度の含水状態を維持し得るため、墳丘土が断熱材と効果的に機能するため、石室内の温熱環境が安定することが示唆された。

【謝辞】本研究を実施するにあたり日田市教育庁文化財保護課に多大なるご協力を頂いた。ここに記して深く謝意を申し上げます。また本研究は科研費（課題番号：25750108）の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】１）日田市教育委員会：史跡ガランドヤ古墳-保存整備基本計画-，p. 3，2011 2）日田市HP，http://www.city.hita.oita.jp/bunkazai/page_00050.html 3）大分県教育委員会：大分の装飾古墳，p. 12，1996

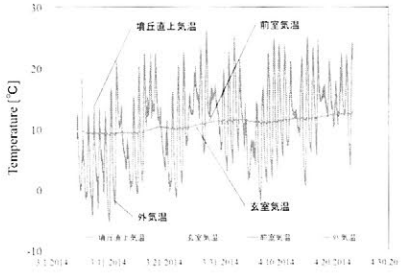


図１　穴観音古墳における温度変化

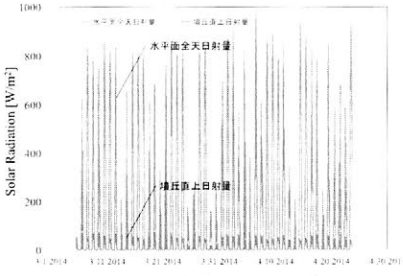


図２　穴観音古墳墳丘直上の日射量

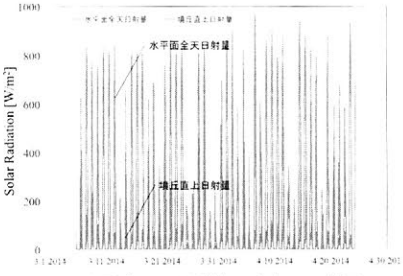


図３　法恩寺山３号墳墳丘直上の日射量

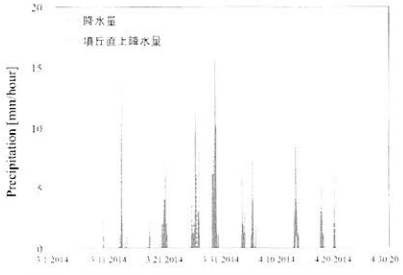


図４　法恩寺山３号墳墳丘直上の降水量

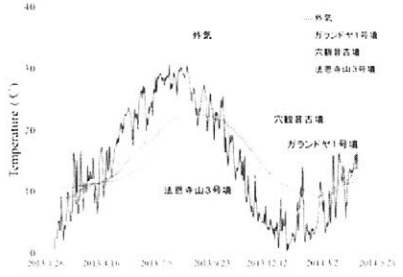


図５　外気温度と各古墳石室内空気温度

図６　外気と各古墳石室内空気の絶対湿度

ハギア・ソフィア大聖堂における内壁劣化の分布と南ティンパヌム壁画材料に関する調査

Investigation of inner wall deterioration and Analysis of painting material of South tympanum in Hagia Sophia, Istanbul, Turkey

○佐々木 淑美(日本学術振興会特別研究員ＰＤ，東京文化財研究所)，
吉田 直人(東京文化財研究所)，小椋 大輔(京都大学)，安福 勝(近畿大学)，
水谷 悦子(京都大学)，石崎 武志(東京文化財研究所)，
○Juni Sasaki (JSPS Research Fellow, National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Naoto Yoshida (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Daisuke Ogura (Kyoto University), Masaru Abuku (Kinki University), Etsuko Mizutani (Kyoto University)
Takeshi Ishizaki (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

ハギア・ソフィア大聖堂(現アヤ・ソフィア博物館、トルコ共和国イスタンブール)では、2013年7月に始まった外壁の補修に続き、今後は内壁の修復が予定されている。この内壁修復に先立って、外壁補修による内壁への影響ならびに建築内部への水の浸入経路を特定し、状態改善すべき箇所ならびに適切な修復時期を早急に検討する必要があった。そこで2013年9月から11月の現地調査では、熱画像分析による水の浸入経路の特定を進めるとともに[1]、内壁の劣化状況把握をより一層進める目的で、堂内全域において析出塩類を採取した。本発表では、堂内でも特に劣化の進行が著しい北西エクセドラの上部構造である北西ペンデンティブの塩類析出状況に関して、修復履歴および定性分析結果より得た知見を示す。また併せて、この過程で明らかになった南北ティンパヌムにて使用されている壁画材料の特徴について報告する。

2. 北西ペンデンティブにおける劣化

ハギア・ソフィアのドーム下部四隅にはペンデンティブと呼ばれる建築部位がある。ペンデンティブとは、「4つのアーチとその頂点を通る水平面とによって限定される曲面三角形」[2]のことである。ペンデンティブには、6枚の翼を持つ天使が描かれており、北東・南東にはモザイクがそのまま残っているのに対して、北西・南西にはモザイクは残っておらず、フォッサーティによって1847年に描かれたフレスコ画が残っている。このフレスコ画は、ユネスコ共同プロジェクトによるドーム北西4分の1の修復(1999～2002年)の一環として、2002年に全面修復された[3]。この時も、塩類の析出が顕著であったことが報告されており、過去の修復で追加されたモルタルとその表面のペイントならびに鉄製鋲の除去、オリジナルおよび第二期修復の一部のモルタル充填による補強、そして表面の再ペイントが実施された。

まず、今回採取した北西ペンデンティブにおける析出塩類は合計25点で、そのほとんどが硝酸ナトリウムであった。ペンデンティブの上部と下部とでは、下部において硫酸ナトリウムの析出が数点みとめられ、またペイント部と背景部とでは、背景部において硫酸カルシウムまたは硫酸ナトリウムの析出がみとめられた。析出塩類の種類は、2002年の修復時と同様であるが、析出箇所は記録がないため確認できない。

学芸員および修復作業者の話では、修復実施時に背面構造内に大規模なクラックの存在を認識していたが、十分に充填・補強できなかったことが、現在の再析出につながっていると言う。2014年4月には西半ドームおよび西側大アーチからペンデンティブにかけての壁面から大量のモルタルが剥落した。これは、2013年7月から実施されてきた外壁の補修、そして降雨による影響と考えられることから、現在もなお、同箇所にあるとされるクラック、つまり水の浸入経路が内壁の劣化に大きく影響していと推察される。この水の浸入経路の存在は熱画像分析からも確認できた。

図1　北西ペンデンティブ

3. 南ティンパヌムおよび北ティンパヌム壁画材料

ドームを南北で支える大アーチの内側に形成される半円形の壁面を、南北ティンパヌムと呼ぶ。2012年の調査で、南ティンパヌムの壁表面は北に比べ黒ずんでおり、近くで観察すると埃が付着しているだけでなく、流水の痕跡、そして結露と思われる痕跡が黒くなっていることをみとめた。北ティンパヌムでは埃の付着は確認されたが、流水および結露の痕跡はなかった。そこで、この黒色化したペイントおよび黒色化していない黄色い部分のペイントを採取し分析した結果、それらのすべてに鉛が含まれていることがわかった(南ティンパヌム合計11点、北ティンパヌム合計2点)。

過去の調査で、ドーム壁面からの析出物中に鉛を検出し、その由来について鉛屋根からの水の流入の可能性が指摘された[4]。しかし、南北で流水および結露の痕跡の有無に差異があるにもかかわらず鉛が一様に検出されたこと、また本調査で採取した析出塩類からは鉛が検出されなかったことは興味深い点である。また、北ティンパヌムのみ1980～1990年代にロレベによって表面にペイントを再塗布されたと言われているが、この時の作業記録は残っておらず、作業の有無および使用された顔料を知ることはできない。ただし、1930年以降は鉛を含む顔料の使用がトルコにおいて禁止されており、北ティンパヌムの修復時に使用された顔料が鉛を含む顔料であった可能性はきわめて低い。今後、南北ティンパヌム壁面の修復も予定されており、鉛が含まれている壁画材料を修復者ならびに観光客らが吸引しないよう配慮する必要がある。

4. まとめと今後の展開

北西ペンデンティブにおける塩類析出は、構造内のクラックによるもので、その影響は下部構造である北西エクセドラの著しい劣化進行にも及んでいることが推察される。また、南北ティンパヌムの壁画材料から鉛が検出されたことは、内部の壁画材料の分布からその実施年代を考察するための一助となるかもしれない。今後は、堂内全域での塩類の析出状況とその要因を構造および季節からも検討していく予定である。最後に、本研究は、本研究は、平成24年度学術振興会特別研究員研究奨励費の助成を受けて実施した学術調査の成果の一部である。また、本調査はハギア・ソフィアの館長ならびに学芸員の方々の理解と協力を得て実施することができた。ここに記して感謝申し上げます。

1) 小椋大輔他6名, 2013,ハギア・ソフィア大聖堂の熱画像・含水率分布の調査と壁画の保存対策の検討, 日本文化財科学会第30回大会, pp.86-87.

2) 藤本盛久, 2001, 構造物の技術史　構造物の資料集成・事典, 市ヶ谷出版社

3) Hagia Sophia Dome Mosaics Conservation Project, 2002, *The Conservation of the Dome Mosaics The Northwest Quarter Report on the Conservation of the Seraphim carried out during the period* 30 *July to* 30 *November* 2002., Unpublished Report, イスタンブール保存修復研究所にて参照

4)中井泉他3名, 1993,ハギア・ソフィア大聖堂の建築材料について, 日本文化財科学会第10回大会, pp.98-99.

模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究
(その1)模擬古墳を用いた土中空間の環境計測とその性状の把握
Experimental research on preservation of buried cultural properties in the stone chamber by means of the simulated tumulus
Part 1: Environmental measurements of the chamber under the ground and understanding its property by means of the simulated tumulus

安井洋之(京都大学)、○小椋大輔(同左)、 鉾井修一(同左)、
脇谷草一郎(奈良文化財研究所)、柳田明進(奈良県立橿原考古学研究所)
Hiroyuki Yasui , ○Daisuke Ogura, Shuichi Hokoi, (Kyoto University), Soichiro Wakiya (Nara National Institute for Cultural Properties), Akinobu Yanagida (Archeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture)

1. はじめに 本研究は、周辺環境の影響を受けて形成される古墳石室内部の環境と、その影響を受ける遺物の劣化の実態とメカニズムを明らかにすることを目的としている。このため、古墳内石室を模擬して丘陵地の林内の土中に空間(模擬埋葬主体)を造り、気象、地盤内部、埋葬主体(以下、石室と呼ぶ)の環境計測を行い、遺物としてまずは金属製品を考え、3種の金属板(炭素鋼・スズ含有率の異なる2種の青銅)と腐食速度計(ACM センサー)を石室内に入れて観察と腐食速度の計測を行う。模擬石室は2014年1月に完成し、現在までの環境計測から、地盤及び石室の温湿度・水分化学ポテンシャル・含水率・O_2濃度・CO_2濃度・外界気象の測定値が得られている。本報では、模擬石室を用いた実験の概要を示し、これまでの計測結果について考察を行う。

2. 計測概要 模擬古墳は京都市西京区京都大学桂キャンパス内の丘陵地の林中に位置する(図1)。前室と石室の2室から成り、林内気候、石室内、土中の環境計測を行っている(図2、3)。石室は前室から窓越しに観察でき、2室間は空気の流出入が無いよう密閉処理をしている(図4)。また、前室との熱移動を抑えるために石室前に断熱材を設置している。計測内容と計測地点は表1の通りである。

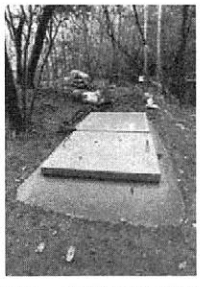


図1 模擬古墳外観

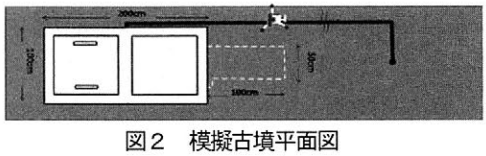


図2 模擬古墳平面図

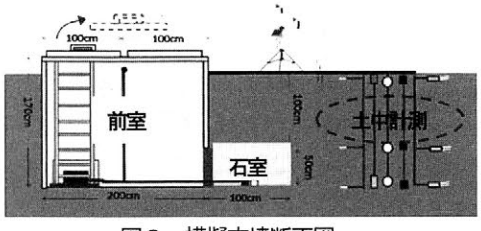


図3 模擬古墳断面図

図4 石室内の様子

表1 計測内容と計測地点

地盤温度	深度40cm、深度100cm、深度130cm、石室天井部、石室床
温湿度	石室内部2点
水分化学ポテンシャル	深度40cm、深度100cm、深度130cm、石室床(左部、右部)
含水率	深度40cm、深度100cm、深度130cm、石室床(左部、右部)
O_2 濃度	深度40cm、深度100cm、深度130cm、石室気中、石室土中
CO_2 濃度	深度40cm、深度130cm、石室内部
林内気象	気温、相対湿度、気圧、雨量、日射量、風向、風速

3. 計測結果と考察

(1)温湿度(図5) 3月下旬頃までは深度の増加に伴い温度は高いが、その後約1か月で逆の傾向に変化している。冬期の石室内は天井部の方が床面より温度が低く、結露が観察された。石室内(⑥)は低温の石室天井(④)に挙動が近づいており、冬期の石室内の温度形成には天井側地盤の影響が大きいと考えられる。また、石室内の相対湿度は100%で一定である。

(2)水分化学ポテンシャル、含水率(図省略) 計器設置以降、全ての計器で値は上昇傾向にあったが、3月下旬には-6.0J/kg近傍に収束した。また、降雨後は計測値が増加する傾向も確認できた。これは、機器設置時の

埋戻し土が周辺地盤に馴染んできたからだと考えられる。また、含水率も同様の傾向であった。

(3)O_2濃度(図6)　石室内及び土中ではO_2濃度は大幅に低下する。石室内では16～18%と外気(21%)より3～5%低い。4月下旬以降、地盤深度130 cm(③)と石室内気中・土中(④⑤)の計測値が同様の挙動を見せるようになった。また、降雨後は全ての計器で約0.5%の濃度減少が確認され、降水の浸透の影響等が考えられる。

(4)CO_2濃度(図7)　地盤深度40 cm(①)は0.5%で一定である。石室内部(②)は石室閉鎖後約4%まで上昇し、外気(約0.04%)と比べかなり高い。地盤深度130 cm(③)も4%で一定である。ただし、①、②③の機器の計測幅がそれぞれ0～0.5%、0～4%であり、これらの濃度の真値は、この上限値を超えてさらに高い可能性がある。

(5)外界気象　模擬古墳の設置されている林内の気象は、樹木等の植生の影響を受けると考えられる。ここでは、林内気象と京都地方気象台の測定値[1]の比較を行う。なお、京都地方気象台では日射量の測定を行っていないため、日射量に関しては桂キャンパス校舎屋上にて計測中のデータとの比較を行う。

(5-1)外気温湿度(図省略)　外気温は気象台の方が林内より全体的に約1.5℃高い。外気絶対湿度は最高値に関しては同程度であるが、最低値は林内の方が気象台よりも僅かに高い。

(5-2)降水量(図8)　降水量は林内(②)の方が気象台(①)より最大で約5 mm/h少ない。これは樹木で降雨が遮蔽されるためと考えられる。

(5-3)日射量(図9)　校舎屋上(①)では最大で約1000W/m^{2}が計測されたのに対し、模擬古墳林内(②)では最大でも約100W/m^{2}であった。樹木により、日射がかなり遮蔽されることが分かる。

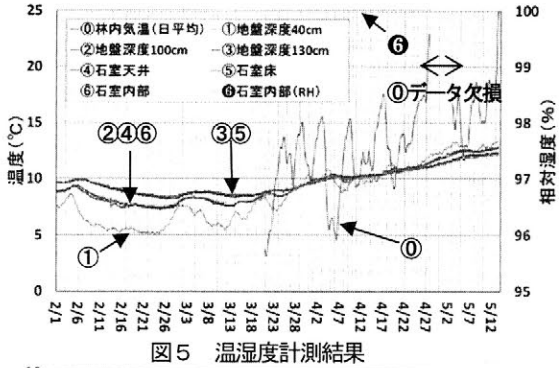


図5　温湿度計測結果

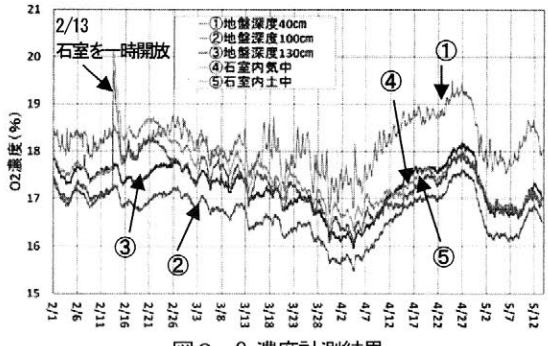


図6　O_2濃度計測結果

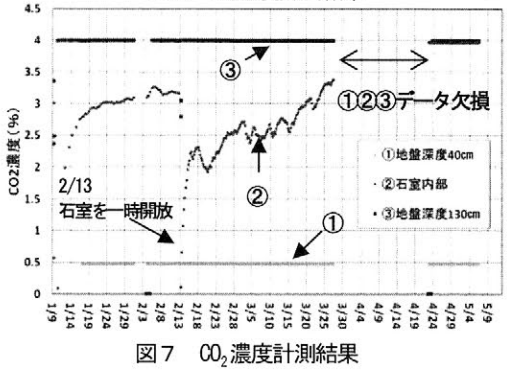


図7　CO_2濃度計測結果

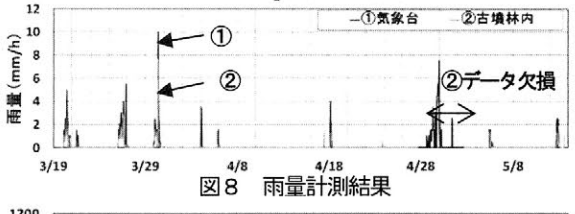


図8　雨量計測結果

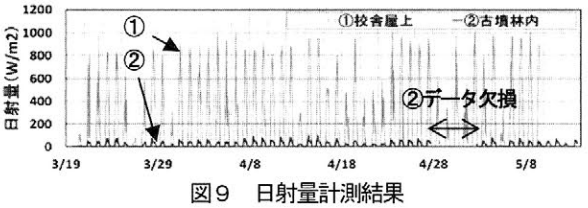


図9　日射量計測結果

4．まとめ　周辺環境の影響を受けて形成される古墳石室内部の環境と、その影響を受ける遺物の劣化の実態とメカニズムを明らかにすることを目的として、丘陵地の林中の土中に模擬埋葬主体(模擬石室)を造った。現在までの計測結果から、地盤及び石室の温湿度、水分化学ポテンシャル、含水率、O_2濃度、CO_2濃度、外界気象の挙動を把握した。

[謝辞] 模擬古墳建設にあたり、リバイブHIKO 明田勝彦氏、奥村組土木興業株式会社環境開発本部 京都支店 田中良介支店長、山本真司氏、株式会社リヴ一級建築士事務所 代表取締役 市川宣広氏には多大なご助力を賜った。また、本研究の一部は、平成25年度科学研究費補助金基盤研究(B)(課題番号:23300324 研究代表者:鉾井修一)の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

[参考文献] 1) 気象庁ホームページ, http://www.jma.go.jp/jma/index.html

釜尾古墳の装飾の保存に関する研究

—空気の流れを考慮した温湿度解析による結露発生要因の検討—

Study on conservation of decorated chamber walls in Kamao tumulus. Investigaion of the primary factor of dew condensation by analyzing moist air movement in the stone chamber

芥子円香（京都大学）、○小椋大輔（同左）、鉾井修一（同左）、森田直樹（同左）
坂口圭太郎（熊本県立装飾古墳館）、池田朋生（熊本県教育委員会）、三好栄太郎（熊本市文化振興課）・

Madoka Keshi, ○Daisuke Ogura, Shuichi Hokoi, Naoki Morita (Kyoto University), Keitaro Sakaguchi (Kumamoto Prefectural Decorated Tumulus Museum), Tomoo Ikeda(Kumamoto Prefecture), Eitarou Miyoshi(Kumamoto City)

1　はじめに　熊本市に位置する国指定史跡の釜尾古墳は、石室内の装飾壁画の劣化の危惧により、一時閉鎖状態にある。劣化の原因として結露の落下・流下による顔料の流出が懸念されている。今後の装飾古墳の保存・公開を行うためには、まず石室内の結露の生じるメカニズムを明らかにする必要がある。既報[1)]では、釜尾古墳石室内の夏期から秋期にかけての温湿度性状の分析から、古墳内の空気の流動の挙動の一部を明らかにした。本報告では、釜尾古墳石室内での結露生成のメカニズムを明らかにし、結露発生の主要因について検討を行う。

2　釜尾古墳の石室内温湿度と結露性状　2-1 温湿度測定結果　2012年8月より、石室内外の温湿度環境の計測を行っている（図1）。羨道入口の扉は、ほぼ真南を向いており、日射の影響を大きく受けている。石室内外及び内部における温度差により空気の流動が生じやすい環境になっている。また、羨道、玄室部では1年中相対湿度がほぼ100%を維持しており、高い湿潤状態にある。2-2　釜尾古墳内の結露性状　現地調査で、装飾壁画のある玄室の目視による結露発生分布を測定した結果、夏期（8月）に全面で結露が発生し、冬期（1月）に、天井の一部の領域のみで結露が発生することが分かった（図2）。温湿度測定結果の分析から、玄室の結露発生分布の年間の挙動には、羨道、入口、外気との空気のやりとりが大きく影響を与えていると考えられる。特に夏期の結露面積の増大に大きく影響を与えているものは羨道、入口から玄室への水分流入と考えられ、その要因としては1) 入口扉の隙間での換気による外気からの水分移動と 2) 入口や羨道部の温度上昇に伴う石室内表面での水分発生 の2点が考えられる。2)については、調査時に鉄製の入口扉での結露が観察される時期があり、ここでの凝縮も考慮する必要がある。まず、1)の換気による外気からの水分移動量のパラメータとなる扉の隙間幅と、2) の石室内表面での蒸発量のパラメータとなる石室内（上部分）の表面積の両者を、測定結果を合理的に説明可能なように同定し、その結果を用いて、換気による外気からの水分移動量と石室内での水分発生量を比較することで、結露発生の主要因について検討を行う。

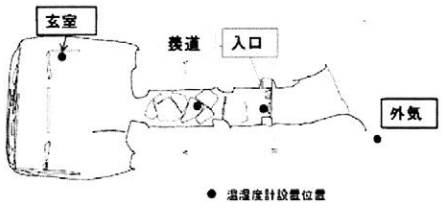


図1　石室各部の名称と温湿度測定位置

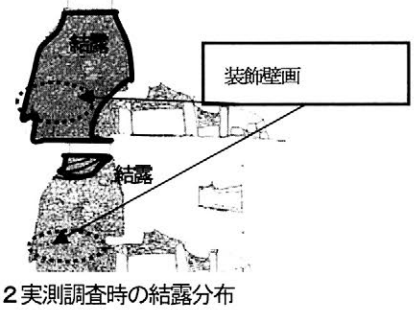


図2 実測調査時の結露分布
（上：8月　下：1月）

3 計算方法 釜尾古墳の石室を図3のような3室に分け、各室間の温度差と質量収支から圧力差を算出し、有効開口面積を用いて換気量M_1、M_2、M_3を算出する[2]。このとき、各室の温度は測定値を用いる。石室内入口付近での水分発生量H_1と石室内羨道付近の水分発生量H_2は、石室内表面が室内温と等しく、かつ飽和状態であるとし蒸発量の計算を行った。またH_1については扉の凝縮量を引いた値となる。これらと、玄室、外気の絶対湿度の測定値を用いて、入口、羨道の絶対湿度を計算し、測定値と整合する開口条件を同定した。

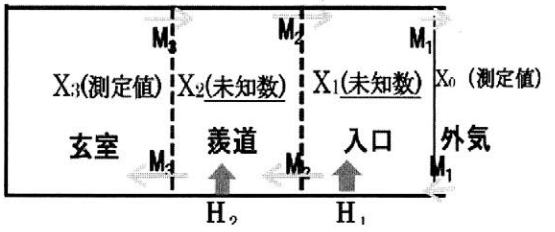


図3 石室モデル

4 結露発生の主要因 **4-1 石室内での水分移動と玄室の結露について** 前章で示した方法を用いて同定された隙間幅による水分移動量の年変動を、図4に示す。玄室の相対湿度は年中ほぼ飽和状態であることから、図より夏期には水蒸気が羨道から玄室へ移動し、玄室で結露し、冬期には水蒸気が玄室から羨道へ移動し、玄室の壁や床から蒸発し乾燥しやすくなっていることがわかる。図5に、天井部の結露発生面積の測定結果の年間変化を示す。図より、上記の時期と測定結果はほぼ対応しており、石室内での水分移動は概ね換気計算で再現できている。ただし，結露発生部位の挙動を明らかにするためには，玄室内の温湿度分布を考慮した検討が必要であり，今後の課題である。**4-2 換気による外気からの水分移動量と入口の石室内での水分発生量の比較** 図6に、羨道部から玄室に移動する水分の内、外気からの水分移動量と、入口、羨道部の石室内での水分発生量の年変動の比較を示す。結露が生じやすい夏期を比較すると、外気からの水分移動量に比べ、入口の石室内での水分発生量が極めて大きい。これより、夏期の玄室での結露発生の主要因は入口付近の石室内表面での蒸発であると言える。

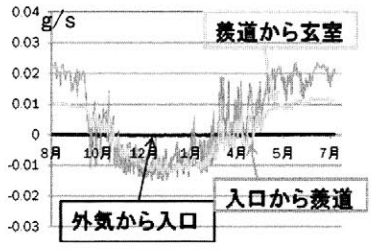


図4 水分移動量の推移

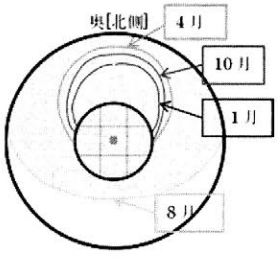


図5 天井部の結露発生部位

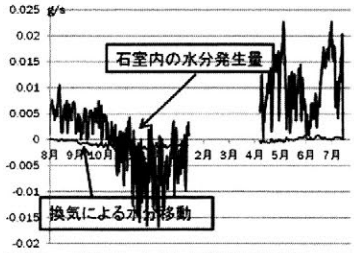


図6 換気による水分移動量と石室内の水分発生量の比較

5．まとめ 釜尾古墳を対象として、装飾壁画のある玄室での結露発生の主要因を明らかにすることを目的として、実測値から入口扉の隙間からの水分移動量や、石室内での水分発生量を算出し、検討を行った。その結果、夏期に結露が発生しやすく、冬期に乾燥する傾向にあること、夏期の結露発生の主要因は入口周辺の室内表面での蒸発であり，冬期の乾燥の主要因は入口扉での結露凝縮であることを示した。夏期の結露発生抑制には、扉の日射遮蔽や断熱、扉の気密化といった対策が考えられる。ただし扉の断熱は、冬期の乾燥を抑制し、結露が落下しやすい状況が長引く可能性がある。今後、年間の石室内の水分収支を考えた結露抑制対策を定量的に把握するため、墳丘や玄室の温度分布を考慮した石室の温湿度解析モデルの構築を行う。

謝辞 平成25年度科学研究費補助金 基盤(C)（課題番号：23560694 研究代表者：小椋大輔）の助成を受けた。記して感謝申し上げます。 **参考文献** 1)小椋・鉾井・森田・坂口・池田・中里：(2013)装飾古墳内部の温湿度と壁面の濡れの挙動の関係の検討，日本文化財科学会第30回大会研究発表要旨集，pp. 160-161，2)鉾井・池田・新田：(2002) エース建築環境工学Ⅱ，朝倉書店

ハギア・ソフィア大聖堂の内壁の仕上げ材が壁画の劣化に与える影響
Influence of inner finishing materials on degradation of the wall painting in Hagia Sophia

水谷悦子（京都大学）、○小椋大輔（同左）、 石崎武志（東京文化財研究所）、佐々木淑美（同左）
安福勝（近畿大学）、日高健一郎（東京藝術大学）
Etsuko Mizutani, ○Daisuke Ogura (Kyoto University), Takeshi Ishizaki, Juni Sasaki (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo), Masaru Abuku (Kinki University), Kenichiro Hidaka(Tokyo National University of Fine Arts and Music)

1. はじめに イスタンブールにあるハギア・ソフィア大聖堂の外装モルタルをはがした第２コーニス西側部分では塩の析出などにより、特に内壁の劣化が進んでおり、これは壁体内の水分移動などが影響していると考えられる。本研究は、ハギア・ソフィア大聖堂の壁画の保存を目的としており、既報で、筆者らは現地調査により第２コーニスの劣化程度と内壁表面含水率の相関性が高いこと、数値解析によりレンガと目地モルタルでは後者が水分移動に支配的であることを明らかにした。本報では、引き続き2013年９月に行った含水率分布と内外壁状態の現地調査結果を検討し、内装の仕上げ材の違いが、壁体の水分移動や壁画の劣化に及ぼす影響を熱水分解析より検討する。

2. ３年間の含水率変動 含水率測定は2013年の９月の調査時に、過去２年間と同様に(2011年、2012年９月)TDR水分計(TRIME-FM3, S3F Surface Probe使用)を用い、第二コーニス壁面下部の絵が描かれていない漆喰面にセンサーを押し当てて行った。図１に北側の含水率測定結果を、表１に各壁面の平均含水率を示す。３年間の測定結果は全体的にほぼ等しい分布であったが、北東の位置番号70から73において含水率が大きく増加した。また壁が湾曲した半ドーム部分において高い含水率になる傾向がある。北西の平均含水率が最も高く、北東面が最も低い。(表１)

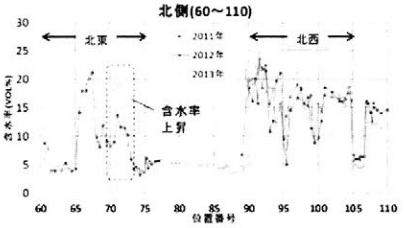


図１、北側含水率

表１ 各壁面平均含水率

場所	番号	含水率[vol %]		
		2011年9月	2012年9月	2013年9月
南西	0-19	11.8	11.3	11.5
南東	32-47	14.7	11.2	12.9
北西	89-108	15.5	14.5	14.4
北東	60-75		8.6	9.5

3. 含水率変動と内外壁の劣化状況 昨年より大きく含水率が上昇した北東部分の内壁の可視画像と熱画像を図２に、外壁の状態を写真１、写真２に示す。含水率が上昇した位置番号70から72の内壁において、塩の析出および塩の析出に伴う内壁の剥落が確認された。また熱画像でもこの部分が低温となっており、水分の蒸発が生じていると考えられる。外壁では、写真１の黒色部分で藻や蘚苔類の植被が見られ、この場所が雨水の通り道になっており保水しやすい状態にあると考えられる。また、写真１の壁体下部の破線部ではクラックが生じており壁体内部に雨水が浸透しやすく埋める必要がある。

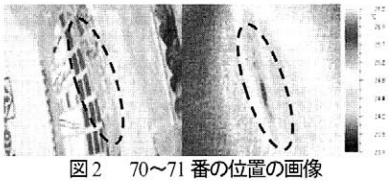


図２ 70~71番の位置の画像
(左：可視画像, 右：熱画像)

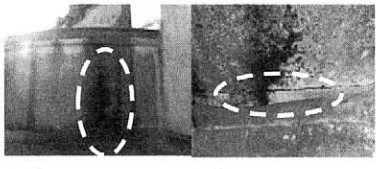


写真１ 写真２
位置71周辺の外壁 写真１の拡大

4. 数値解析による内壁の構成と蒸発位置の関係の考察 4.1 解析概要 第二コーニス北西では内装材の剥落および、内装の剥落箇所において塩の析出が確認されている(写真３、４、５)。本報では、内装の剥落が起きていない状態のmodel(1)、漆喰が剥落した状態のmodel(2)，漆喰と中間モルタルが剥落した状態のmodel(3)の内装の構成が異なる３種類のモデル(図３)を用いてこの剥落部位に関して数値解析を行い内壁の劣化メカニズムを検討する。用いる基礎方程式は、熱水分同時移動方程式である。室内外は第３種境界条件とし、既報[1]と同じく室内外

の温湿度測定値と、全天日射量の実測値をもとに北側鉛直面について算出したものを与える。外壁にあたる降水量は屋根形状から降水量の3倍とする。壁体での塩の析出は壁体内の水分の蒸発に伴う現象であることから、液水流が減少し蒸気流が増加する位置を蒸発位置として考察を行い塩析出メカニズムの検討を行う。**4.2 結果と考察**　解析結果から、蒸発量は夏季に多くなる傾向が見られたが、室内側の蒸発位置に関しては年間通じて殆ど変化しない結果が得られた(図省略)。以上より、本報では年平均水分流で議論する。図4、5で壁体内部の水分流分布を示す。なお屋外側から室内側の移動を正とする。図より内装材の剥落層が増えるほど壁体内の水分流が多くなっており、剥落層が増えるほど蒸発量が多く、塩の析出リスクが高くなると考えられる。また、後述のとおり各モデル、室内側表面近くで蒸気流が液水流より大きくなっており、室内側表面付近で蒸発が起きている。図6 から8 に，各モデルの室内側表面近傍の年平均水分流の分布を示す。model(1)では中間モルタル中で、model(2)では中間モルタルとレンガ層の境界で、model(3)ではレンガ層の室内側表面近傍で、液水流の減少、蒸気流の増加が顕著に見られこの位置で蒸発が生じる。現地調査において第二コーニス北西では写真4、5のような漆喰やその奥のモルタルの剥落が多く見られたこと、数値計算よりmodel(1)のように剥落が生じていない状態の場合、中間モルタルで蒸発が起きるという結果が得られたことから、中間モルタルでの蒸発に伴う塩の析出が原因で漆喰の剥落が生じていると推測される。

写真3 漆喰部分での塩の析出　写真 4 中間ﾓﾙﾀﾙと漆喰の際での塩の析出　写真5 中間ﾓﾙﾀﾙの剥落した箇所での塩の析出

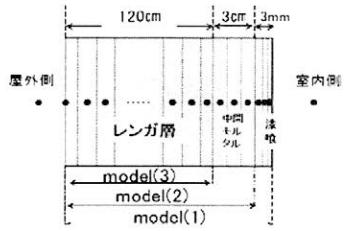


図3 解析壁体モデル

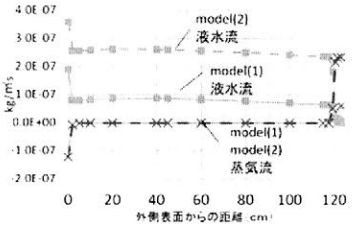


図4 model(1)model(2)の水分流分布

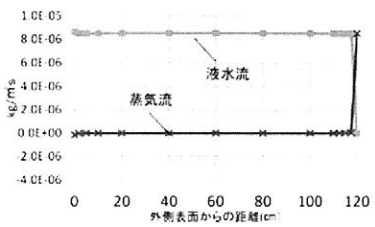


図5 model(3)の水分流分布

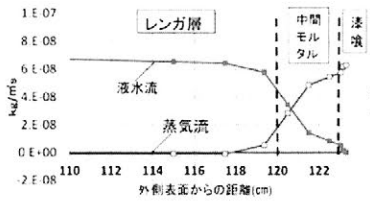


図6 model(1)の屋内側水分流分布

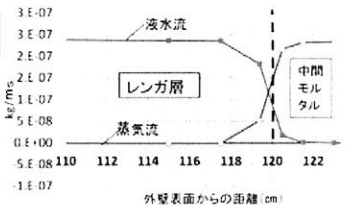


図7 model(2)の屋内側水分流分布

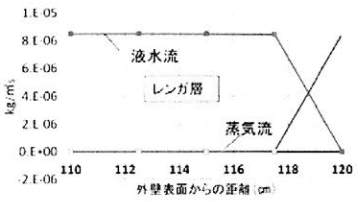


図8 model(3)の屋内側水分流分布

5. 結論　現地調査と熱水分解析を行い以下の結果を得た。1)内壁表面の含水率分布は、北東部の一部で含水率が上昇したが，他の部位の経年変化は小さかった。2) 含水率の上昇箇所は外壁面に雨水が流下しやすく藻の植被やクラックが見られた。3)内装の構成によって蒸発位置が異なり、レンガ層、中間モルタル、漆喰からなるときは中間モルタル、レンガ層、中間モルタルからなるときは中間モルタルとレンガ層の境界、レンガ層のみのときはレンガ層の室内側表面付近で蒸発が生じる。4) 内装の剥落層が増えるほど蒸発量が多くなり、内装が剥落した状態で放置されると劣化が促進される可能性がある。5) 第二コーニス北西で多く確認される漆喰の剥落は中間モルタルでの蒸発に伴う塩の析出が原因である可能性が高い。

[謝辞] 平成 25 年度科学研究費補助金 基盤(S)(課題番号：21226014 研究代表者：日高健一郎)の助成を受けたものである。[参考文献] 1) 小椋大輔他 5 名，ハギア・ソフィア大聖堂の熱画像・含水率分布の調査と壁画の保存対策の検討、日本文化財科学会第 30 回大会(2013) ，2) 松本衛，新建築学大系 10 環境物理 3. 湿気，彰国社(1984)

模擬古墳から検討した埋蔵環境下における遺物保存に関する研究（その２）埋葬主体内部の環境が金属製遺物の腐食速度に及ぼす影響

Experimental research on preservation of buried cultural properties in the stone chamber by means of the simulated tumulus Part2: Effect of environmental factors on corrosion rate of metal artifacts buried in stone chamber

○柳田明進（橿原考古学研究所）、脇谷草一郎（奈良文化財研究所）、安井洋之（京都大学）、小椋大輔（同左）、髙妻洋成（奈良文化財研究所）、鉾井修一（京都大学）

○Akinobu Yanagida[1], Soichiro Wakiya[2], Hiroyuki Yasui[3], Daisuke Ogura[3], Yohsei Kohdzuma[2], Shuichi Hokoi[3]

[1]Archaeological Institute of Kashihara,[2]Nara National Research Institute for Cultural Properties,[3]Kyoto University

1. はじめに

古墳の主体埋葬部における金属製遺物の腐食過程については充分に把握されているとは言いがたい。本研究では古墳の埋葬主体内部における金属製遺物の腐食過程を解明することを目的とする。ここでは、丘陵地に構築した模擬古墳の埋葬主体内部において、金属製遺物の劣化因子である溶存酸素や土壌水分に特に着目した内部環境に関する実測調査と、金属試料を用いた劣化試験をおこない、金属製遺物の腐食に及ぼす埋蔵環境の影響を検討した。

2．実験方法

実験は京都市西京区京都大学桂キャンパス内の丘陵地に建築した模擬古墳の埋葬主体内部においておこなわれている。埋葬主体内部においては室内空気の温湿度、酸素濃度、二酸化炭素濃度、床面土壌の水分化学ポテンシャルおよび含水率の計測を実施している。劣化試験では鉄製遺物および青銅製遺物を想定して、50×50×3 mm に切り出した炭素鋼およびスズ含有量が異なる２種類の青銅試料を用い、金属製遺物の材料による腐食状態の差異の把握、ならびに青銅製遺物の皮膜形成に及ぼすスズ含有量の影響を検討した。また、大気中および土中における金属製遺物の腐食状態の差異を把握するために、劣化試験体は表１の状態で設置した。金属試料はエメリー紙＃800 まで湿式研磨にて仕上げ、蒸留水、アセトンで超音波洗浄をおこなった。劣化試験は 2014 年１月９日から開始し、定期的に腐食状態を観察している。腐食速度の計測にはシュリンクス社製 Fe-Ag 対 ACM（Atmospheric Corrosion Monitor）型腐食センサを用いた（以下 ACM センサ）。ACM センサは Fe-Ag からなるセンサ部に生じるガルバニック電流を計測することで、炭素鋼の腐食速度を算出することが可能である。埋葬主体内部および土中における腐食速度は表１に示した実験式を用いて算出した[1) 2)]。実験では計８個の ACM センサを表１の状態で設置した。測定は１日４回（0:00、6:00、12:00、18:00）、10 分間のみロガを起動させて実施した。その際の測定間隔は１分とし、10 分間の測定で得られた平均のセンサ出力を腐食速度に換算した。なお、測定は 2014 年２月 13 日からおこなった。

表１　実験項目と試料およびセンサーの設置状態

実験項目	劣化試験体およびセンサ	劣化試験体およびセンサの設置状態
劣化試験	炭素鋼試料：SS400 青銅試料１：C5191（Cu:94%, Sn:5.5~7.0%） 青銅試料２：CAC503A（Cu:84~88%, Sn:12~15%）	(1)それぞれの試料を埋葬主体内部につり下げた状態 (2)それぞれの試料を埋葬主体内部の土中に埋設した状態
腐食速度計測	ACM センサ 埋葬主体内部：$\log CR = 0.378 \log Q - 0.636$[1] 土中：$\log CR = 0.002 \log A + 0.0293$[2] CR:腐食速度[mm/y]、Q:日平均電気量[Q/dy]、A:電流[μA]	(1)埋葬主体内部の地面から高さ 10 cm の位置(No.1~3) (2)(1)と同様の位置で、天井石からの結露水を防止する笠をかけた状態(No.4~6) (3)埋葬主体内部の土中に埋設した状態(No.7, 8)

3. 結果および考察

埋葬主体内部における温度、酸素濃度ならびにNo.１～３、No.４～６のACMセンサから得られた腐食速度の変化をそれぞれ図１および２に示す。温度は実験を通じて８～10℃を示し、日変動は認められなかった。また、酸素濃度は16～18%を示した。なお、実験を通じて埋葬主体内部の相対湿度は常に100%を示した。劣化試験では開始直後から金属試料片の表面に結露水が付着している状態が認められた。また、実験開始から４ヶ月経過した時点において、炭素鋼試料の結露水が付着した部分に褐色の腐食生成物が生じている状態が認められた。一方青銅試料は現時点において明確な変化は観察されなかった。これは、鉄および青銅の耐食性の差異によるものであり、青銅製品に比べて鉄製品では腐食が顕著に進行することを示すと考えられる。炭素鋼の腐食速度の計測ではNo.1が約0.01～0.1 mm/yを示したものの、２月末以降の電流値は検出以下の値を示した。一方で、No.2においては0.5～0.8 mm/y、No.3においては0.03～0.2 mm/yを示した。No.2およびNo.3においては天井石からの結露水がセンサ部に滴下している状態が認められたため、結露水の滴下の影響によって高い腐食速度を示したと考えられる。また、No.４～６においては、一時的に0.01～0.1mm/yの腐食速度を示したものの、３月以降では検出以下の電流値を示す傾向が認められた。No.４～６においては結露水の滴下が生じない条件であることから、結露によってセンサ部に液膜が生じた際に腐食電流が発生した可能性が考えられる。ただし、埋葬主体内部においては温度の日変動が認められないことから、センサ表面において結露が生じる頻度は低く、腐食が緩慢な状態が維持されたと考えられる。一方で、土中に設置したNo.7およびNo.8では約0.03 mm/yの腐食速度を示し、その変動は埋葬主体内部での速度と比較して緩慢で極めて安定した値を示した。また、土中での電流値は周辺土壌の含水率と相関を示しており、土中の水分量が増加することで金属製品の腐食は促進されると考えられる。

４．まとめ

ACMセンサから算出された腐食速度は天井石からの結露水の滴下が認められない場合では0.01～0.1 mm/yを示し、一般的な大気腐食速度である0.1 mm/yに比べてやや低い傾向を示した[3)]。大気中の酸素濃度（約21%）と比較して埋葬主体内部の酸素濃度はやや低いものの概ね同等の値を示しており、金属表面の結露水の有無が主に腐食速度の変化に関与していると考えられる。したがって、埋葬主体内部における鉄製品の腐食速度は約0.01～0.1 mm/yを示すとともに、結露水の影響によって上昇する場合があると推察される。ただし、実際には腐食生成物の成長にともない腐食反応は抑制されるため、腐食速度は徐々に低下していくと考えられる。以上の結果から埋葬主体内部における金属製品の腐食は次のように考えられる。１）青銅製品に比べて鉄製品の腐食は顕著である。２）鉄製品の初期の腐食速度は0.01～0.1 mm/yを示す。３）結露水の滴下や結露などによる液膜厚さの変化が腐食速度に影響を及ぼす。

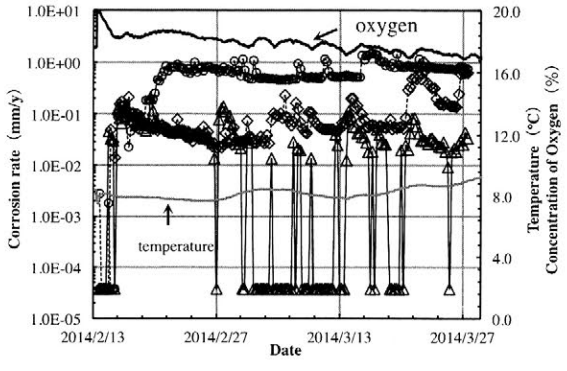


図１ No. １～３の腐食速度および埋葬主体内部の温度、酸素濃度の変化（△:No. １、○:No. ２、◇:No. ３）

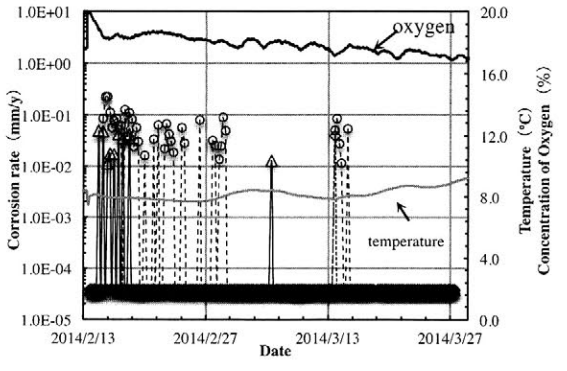


図２ No. ４～６の腐食速度および埋葬主体内部の温度、酸素濃度の変化（△:No. ４、○:No. ５、◇:No. ６）

謝辞 本研究の一部は、平成25年度科学研究費補助金基盤研究（B）（課題番号23300024 研究代表者 鈴木敏一）の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献 １）押川渡，糸村昌祐，篠原正，辻川茂男（2002）材料と環境，51，pp.398～403 ２）元田慎一，加藤敏次，正村克身，栗栖孝雄，迫田章人（2002）日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.905～906 ３）腐食防食協会編（1993）材料と環境入門，丸善，pp.155～168

トレハロース含浸処理法における含浸と結晶化のイメージ（その２）
-木材内部の結晶化進行具合について-

Study of impregnation and crystallization in trehalose method (Part 2)
- For crystallization progress of the internal wood -

○伊藤幸司（公益財団法人大阪市博物館協会　大阪文化財研究所）、藤田浩明（同左）、高妻洋成（奈良文化財研究所）、今津節生（九州国立博物館）、新井成之(株式会社林原)、三宅章子（同左）

○Kouji Ito, Hiroaki Fujita(Osaka City Cultural Properties Association), Yohsei Kohdzuma(Nara National Research Institute for Cultural Properties), Setsuo Imazu(Kyushu National Museum), Shigeyuki Arai, Akiko Miyake(Hayashibara Co., Ltd.)

１．はじめに

トレハロース含浸処理法においては、含浸したトレハロース水溶液をいかにして迅速に結晶化させるかがポイントである。実作業上は、非常に速く結晶（*1）していく様子を体感している。しかし、木材内部でどのように結晶化が進み、形状の保持につながっているのかについては、必ずしも明確ではない。

当研究ではトレハロース含浸処理条件の異なる芯持ち材について、含浸処理後にマイクロスコープや電子顕微鏡で木材内部の観察を行ない、結晶化の進行具合を確認したのでその結果を報告する。

２．サンプル材の作製

対　　象：島根県内出土丸太材（広葉樹：ヤブツバキ）木口取り 長さ 12cm×直径 8cm 含水率 700%程度

含浸パターン：含浸条件については、最終含浸濃度と含浸期間の差が、結果にどう反映するのかを確認するために、以下の設定とした。

①40%含浸：10% 常温 7 日間→20% 常温 7 日間→30% 常温 7 日間→40% 常温 32 日間→取り上げ

②70%含浸：10% 常温 7 日間→20% 常温 7 日間→30% 常温 7 日間→40% 常温 7 日間→70% 80℃ 25 日間→取り上げ

含浸終了後 40 日目に、図１のように 1cm 角に割断してサンプル材を作製し、以下の装置による観察に供した。

デジタルマイクロスコープ（DM　キーエンス VHX-2000）
光学顕微鏡（LM　オリンパス BX50 Cellsense）
低真空電子顕微鏡（SEM　日立ハイテクノロジーズ S-3400N）

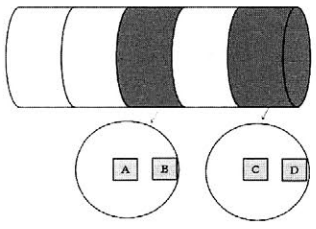


図１　サンプル材観察箇所

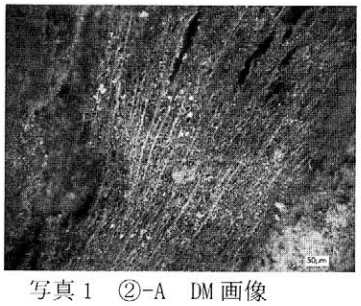


写真１　②-A　DM 画像

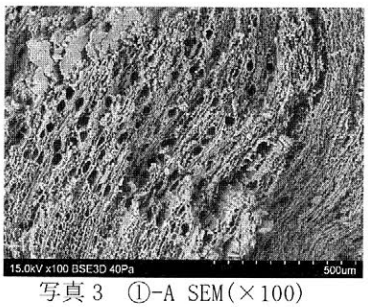


写真３　①-A SEM(×100)

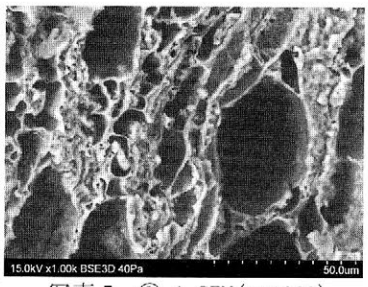


写真５　①-A SEM(×1000)

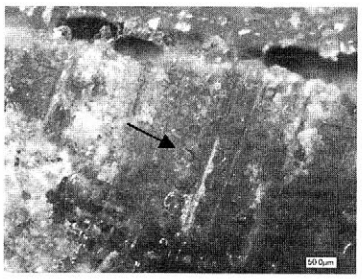


写真２　②-A　DM 画像

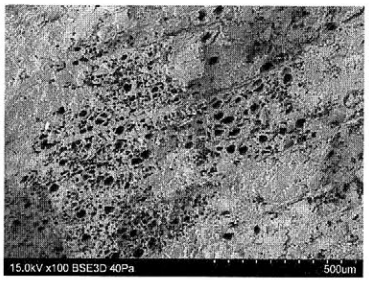


写真４　②-A SEM(×100)

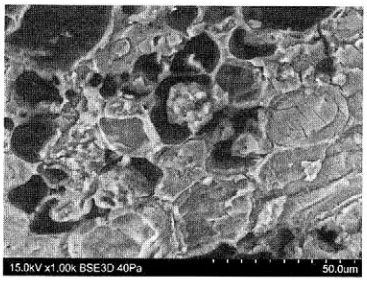


写真６　②-A SEM(×1000)

３．結果

３-１　デジタルマイクロスコープ観察(写真１・2)

割断面には木質構造を観察でき、細胞内腔にトレハロースが充てんされている部分とされてない部分が混在している(写真 1)。また、トレハロース結晶が充満した米粒状の構造が確認できた（写真 2)。結晶化による組織の破壊は認められなかった。

３-２　電子顕微鏡観察(写真 3～6)

40%含浸、70%含浸ともに木材の中心に近い部分においても、トレハロース水溶液が浸み込み、トレハロースが結晶化していることが確認できた。40%含浸を行なったものはトレハロース結晶が細胞内腔を充てんしていない部分が多い（写真 3)。それに対して 70%含浸を行なったものは明らかに細胞内腔がトレハロース結晶で充てんされていることが顕著である(写真 4)。細胞壁の内腔側の表面もトレハロース結晶で被覆されている状況が確認でき、細胞の形状も保持されている（写真５・6)。

４．まとめ

デジタルマイクロスコープ及び電子顕微鏡による観察から、最も含浸されにくいと考えられる芯部分においても、トレハロース水溶液の浸透とトレハロースの結晶化が確認されるとともに、細胞壁の内腔側壁面をトレハロース結晶が被覆していることが確認できた。また、木材内部で結晶の成長による組織の破壊は起こっていないことも明らかとなった。なお、当発表では電子顕微鏡等により木材内部の構造観察を行なっているが、木材全体にどのようにトレハロースが分布しているかについては、Ｘ線ＣＴ撮影によってその様子を明らかにしている（*2)。今後も異なる条件で処理したサンプル材を同様に調査し、トレハロースの有効性を確認していきたい。

＊１当研究では、木材中で固化しているトレハロースの全てが結晶化しているか否かの判定には至っていない。よって、正確には「結晶もしくは非結晶（アモルファス）の状態で固化している」と記するべきではあるが、非結晶の状態で固化しているものについても結晶と同様の効果が得られていると考えられる事、加えて非結晶状態のトレハロースは不安定で、早い段階に安定した結晶に向かう事などから、本稿では固化した状態のトレハロースをおしなべて「結晶」と記した。

＊２「トレハロース含浸処理法における含浸と結晶化のイメージ（その１）-Ｘ線ＣＴスキャナによる含浸具合の可視化-」日本文化財科学会第 31 回大会発表要旨集（2014)

本研究は科学研究費助成事業（ 研究代表者：伊藤幸司　基盤研究Ｃ　24501262 ）における成果の一部を含んでいる。

トレハロース含浸処理法における含浸と結晶化のイメージ（その１）
-Ｘ線ＣＴスキャナによる含浸具合の可視化-

Study of impregnation and crystallization in trehalose method (Part 1)
- Visualization of impregnated condition by Xray Computed Tomography -

○伊藤幸司（公益財団法人大阪市博物館協会　大阪文化財研究所）、藤田浩明（同左）、小林啓（九州歴史資料館）、今津節生（九州国立博物館）
○Kouji Ito, Hiroaki Fujita(Osaka City Cultural Properties Association), Akira Kobayashi(Kyushu Historical Museum), Setsuo Imazu(Kyushu National Museum)

１．はじめに

出土木製品の保存処理方法として、トレハロース含浸処理法の実用化を推し進めてきた。現在では針葉樹・広葉樹を問わず、さらには縄や布製品といった特殊な資料に対しても成果をあげている。しかし、含浸処理中に木材組織のどこに、どのようにトレハロース水溶液が浸み込んでいるのかについては、処理担当者が各々の経験や知識に基づいてイメージしてきた。

これまで処理後の木製品のＸ線撮影やＸ線ＣＴ撮影をして内部の観察を行なった研究はあるが、木材そのものにどう含浸されているのか明らかにされてこなかった。当研究では丸太材などをトレハロース含浸処理した後にＸ線ＣＴ撮影を行ない、含浸状態を観察したので結果を報告する。

２．対象資料

資料番号	資料名	樹種	大きさ(cm)	含水率(%)	最終濃度(%)
①	大阪市内出土丸太材	ヒノキ	長 12×径 8	約 300	40
②					70
③	島根県内出土丸太材	ヤブツバキ	長 12×径 8	約 700	40
④					70
⑤	大阪市内出土杭	針葉樹	長 30×幅 8	約 300	70
⑥	大阪市内出土角材	針葉樹	長 42×幅 20	約 300	70

３．Ｘ線ＣＴ撮影による結果

資料番号①～⑥のＸ線ＣＴ画像を、写真 1～6 に示す。当然のことではあるが、70%含浸したほうがＸ線吸収の高い部分の面積が広く、木材内部にまでトレハロース水溶液が浸み込んでいることがわかる(写真 2・4)。すべての横断面の画像において、木口面から内部に向かって浸み込んでいる様子が確認できる。また、樹皮側からも芯側に向かって筋状にＸ線吸収の高い部分が確認できることから、樹皮側からもある程度浸み込んでいることが考えられる。さらに、⑥は芯持ちの角材を半割りにしたような資料であるが、芯に近い側と樹皮側とでは、明らかにＸ線吸収の様子が異なっており、樹皮側からのほうがより浸み込んでいっている様子が見られる（写真 6)。

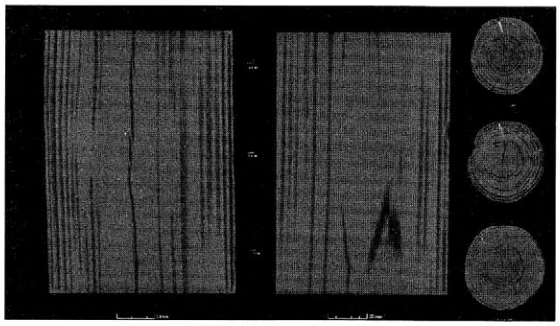


写真1　①-ＣＴ画像（取り上げ 13 日後）

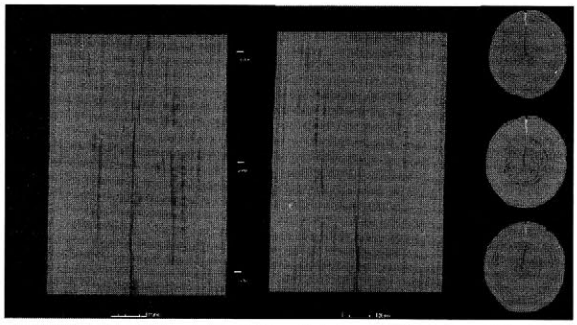


写真2　②-ＣＴ画像（取り上げ 13 日後）

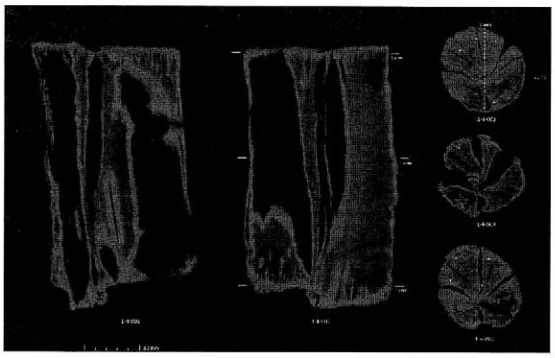


写真3　③-ＣＴ画像（取り上げ 186 日後）

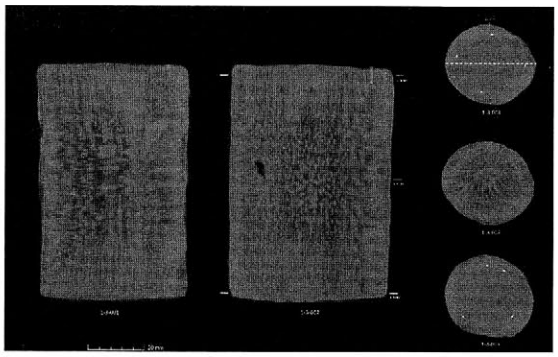


写真4　④-ＣＴ画像（取り上げ 186 日後）

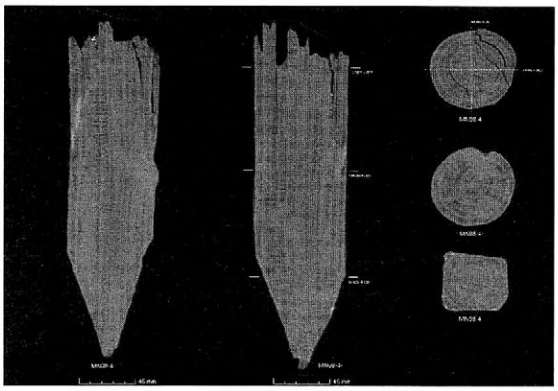


写真5　⑤-ＣＴ画像（取り上げ 298 日後）

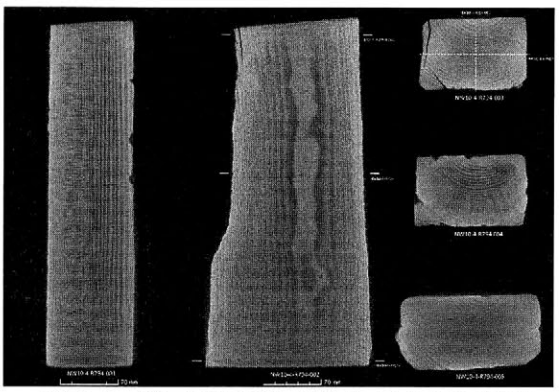


写真6　⑥-ＣＴ画像（取り上げ 256 日後）

４．まとめ

トレハロース含浸処理法は、木材に含まれている水分をトレハロース水溶液に置き換え、結晶化させることを旨としている。含浸・結晶化工程中に木材内で生じている事については、保存処理担当者がそれぞれのイメージを持ってきた。今回このような調査を行なったことで、木材のどこにどのようにトレハロースが含浸されていくのか、目で見える形で提示することができたと考える。最後に、当発表では画像上白く映っているものを「Ｘ線吸収の高い部分」と表現したが、当該サンプルを割断して木材内部の観察を行なったところ、結晶および非結晶状態で固化したトレハロースが分布している様子が明らかになった（*1）。よって「Ｘ線吸収の高い部分」には固化したトレハロースがより密に分布している事は間違いないと考えられる。今後はさらに調査事例を増やし、詳細な調査を進めてイメージを共有していきたい。

＊１「トレハロース含浸処理法における含浸と結晶化のイメージ（その 2）-木材内部の結晶化進行具合について-」日本文化財科学会第 31 回大会発表要旨集（2014）

本研究は科学研究費助成事業（ 研究代表者：伊藤幸司　基盤研究Ｃ　24501262 ）における成果の一部を含んでいる。

トレハロース含浸処理後木材の走査型電子顕微鏡観察

Observation of waterlogged wood by Scanning Electron Microscope using trehalose method

○亀田のぞみ（公益財団法人大阪市博物館協会　大阪文化財研究所）、
岡田文男（京都造形芸術大学）
○Nozomi Kameda(Osaka City Cultural Properties Association), Fumio Okada(Kyoto University of Art and Design)

１．はじめに

トレハロース含浸処理を施した木材内部の詳細な様子を調査するため、走査型電子顕微鏡で観察し、以下の検証を行った。

①トレハロースが木材細胞中にどのように含浸されているか

②木材の樹皮側（外側）と芯側（内側）の含浸度合には差異が生じているか

③低濃度含浸と高濃度含浸ではどのような差異が生じているか

２．実験内容

含浸濃度による差異をみるため、０％・40％含浸・70％含浸の３パターンのサンプルを作製した。また、木材の部位により含浸の程度に差異があることを想定し、サンプルを切断して木材の外側・内側の部位計６個を電子顕微鏡で木口方向から観察した。

３．電子顕微鏡観察結果

①40％含浸サンプル、70％含浸サンプルともに、トレハロース結晶は全ての木材細胞を埋めるようには析出していない。木材細胞内部にトレハロース結晶が密な部分と、空洞のままの部分が混在していることが確認できた。また、木材細胞は内部が空洞であってもその多くは形状を維持しており、細胞壁にはトレハロース結晶が確認できた。

②40％含浸サンプル、70％含浸サンプルともに外側（写真３・５）と内側（写真４・６）の

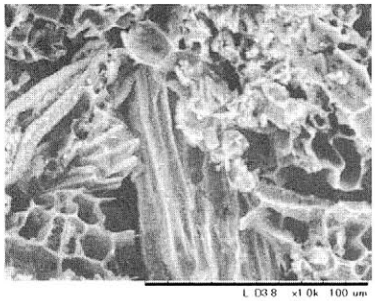


写真　１：０％外側　1000 倍

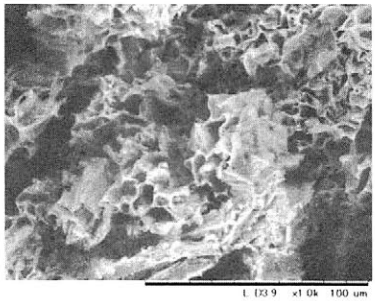


写真　２：０％内側　1000 倍

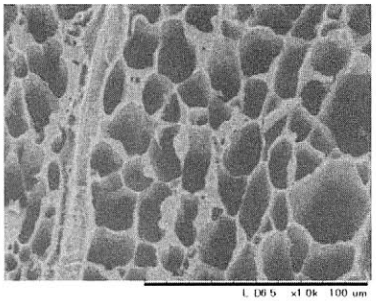


写真　３：40％含浸外側　1000 倍

トレハロース結晶の量には差があった。木口方向・柾目方向ともに、外側の方がトレハロース結晶は多く、中心部は結晶が少ないことが確認できた。

③40%含浸サンプルと 70%含浸サンプルの同じ部位を比較すると、70%のほうが木材細胞の形を保っている。また、木材細胞内部に析出したトレハロース結晶の量は 70%のサンプルの方がより多く確認出来た。それに対して 40%は木材細胞内部に詰まっているトレハロース結晶は少ないが、全く含浸していない０%（写真１・２）と比べると明らかに形状を保っており、その細胞壁にはトレハロース結晶が付着している。

４．まとめ

木材細胞内部が空洞であっても、その多くは形状を維持しており細胞壁にはトレハロース結晶が付着している。全ての空隙に含浸されていなくても、十分な寸法安定性を得ることができるのは、細胞壁まで浸透し結晶化することにより強化できているためではないかと考える。70%含浸サンプル、40%含浸サンプルともに、外側の方により多くのトレハロース結晶が析出しており、内側は結晶が少なくなっていた。これは外側からトレハロース水溶液が木材内部に含浸されていることが考えられる。

内側はトレハロース結晶が木材細胞内部を埋めることなく、空洞になっているのではないかと考えていたが、外側ほどではないが内側にも結晶が析出している様子が確認できた。

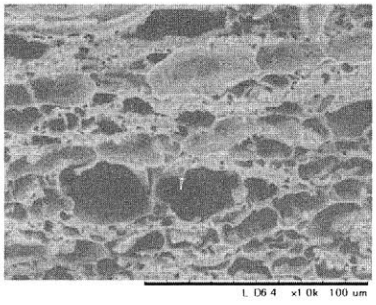
５．おわりに

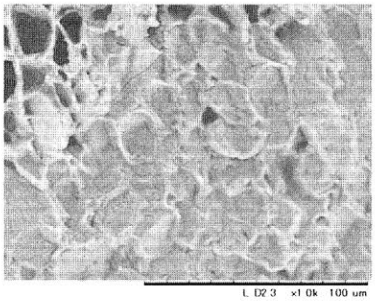
本研究では、トレハロース含浸処理後の木材内部の様子を明らかにすることが出来た。今回は電子顕微鏡観察によって確認できた白い物質をトレハロースの結晶として判断したが、成分分析等を行い、より正確にトレハロースの結晶かどうかを検証する必要がある。

本稿は、亀田のぞみが行った京都造形芸術大学歴史遺産学科卒業研究「トレハロース含浸処理を施した出土木材の電子顕微鏡観察」の一部を加筆修正したものである。

謝辞

本研究では公益財団法人大阪市博物館協会大阪文化財研究所、島根県教育庁埋蔵文化財調査センターに貴重なサンプルを提供して頂き、含浸実験のご指導を頂きました。ここに感謝申し上げます。





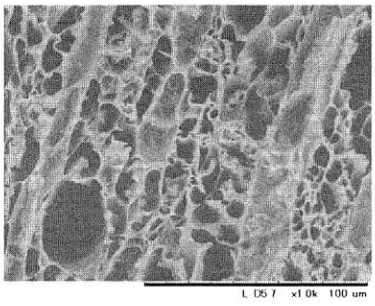


写真 4：40%含浸内側 1000倍 写真 5：70%含浸外側 1000倍 写真 6：70%含浸内側 1000倍

X線CTスキャナを活用した出土木製品の構造解析に係る基礎研究Ⅱ

―保存処理後の木製品内部における処理薬剤の分布について―

Basic research concerning the structual analysis of the Waterlogged Wood under a X-ray Computed Tomography

○小林啓(九州歴史資料館)、伊藤幸司(公益財団法人大阪市博物館協会大阪文化財研究所)、今津節生(九州国立博物館)

○Akira Kobayashi(Kyushu Historical Museum),Kouji Ito(OsakaCity Culutural Properties Association),Setsuo Imazu(Kyushu National Museum)

1. はじめに

本研究は、出土木製品の保存処理における薬剤の含浸状況や処理中・処理後の状態変化についてX線CTスキャナにより解析することを目的とする。昨年(日本文化財科学会30回大会)は、処理薬剤(トレハロース)の含浸濃度の差による状態について報告した。

本報告では保存処理後の木製品を対象に、PEG含浸法・真空凍結乾燥法・トレハロース含浸法・アルコール・キシレン樹脂法・高級アルコール法の各処理方法により保存処理を行った木製品内部の薬剤分布について、X線CTスキャナにより調査を行った結果について報告する。

2. 資料と方法

X線CTスキャナによる調査を行った資料は、PEG含侵法2点(下駄・漆器椀)、PEG真空凍結乾燥法2点(鐙・漆器椀)、トレハロース含浸法2点(下駄・漆器椀)、アルコール・キシレン樹脂法2点(木簡)、高級アルコール法2点(下駄・漆器椀)の計10点である。なお、X線CTスキャナの撮影条件は、電圧200kV、電流1.5 mA、300Foc、スライス数540、線源からの距離700mmとした。

3. 結果

各保存処理方法の全ての資料で保存処理後の木製品内部に処理薬剤と推測されるX線吸収の高い範囲が確認された。

PEG含侵法では木製品内部に均一にX線吸収係数が高い範囲が確認できる。PEG真空凍結乾燥法もPEG含浸法と同様の傾向が見られるが、内部には大小の亀裂が目立つ。

トレハロース含浸法は、木口面を中心にX線吸収係数が高い範囲が針葉状・塊状となって木製品内部にまで広がる様子が確認できる。アルコール・キシレン樹脂法は全体に不鮮明であるが一部年輪付近の見え方が異なる。高級アルコール法は、資料表面や内部の亀裂付近など資料の輪郭に沿うようにX線吸収係数の高い範囲が広がる様子が確認された。

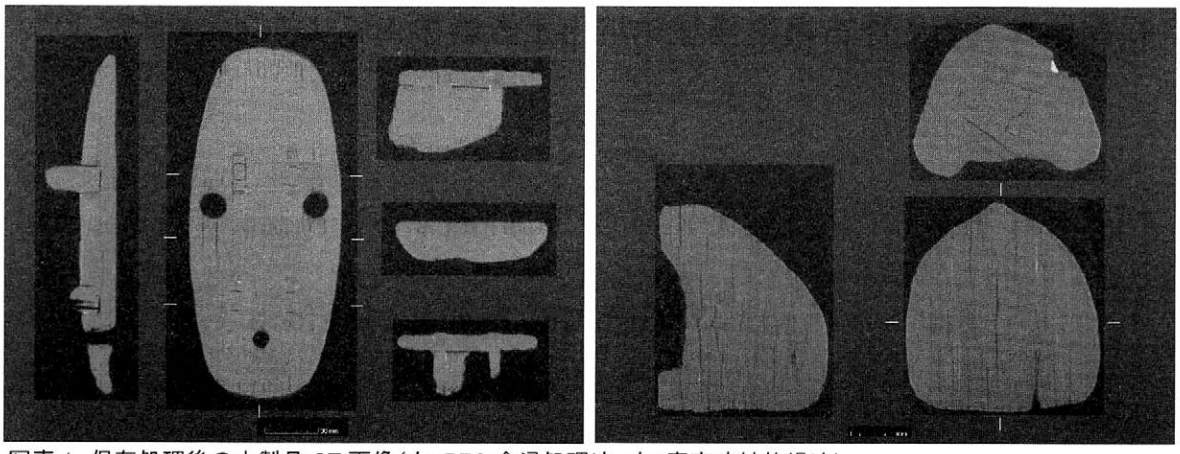


写真 1　保存処理後の木製品 CT 画像（左：PEG 含浸処理法　右：真空凍結乾燥法）

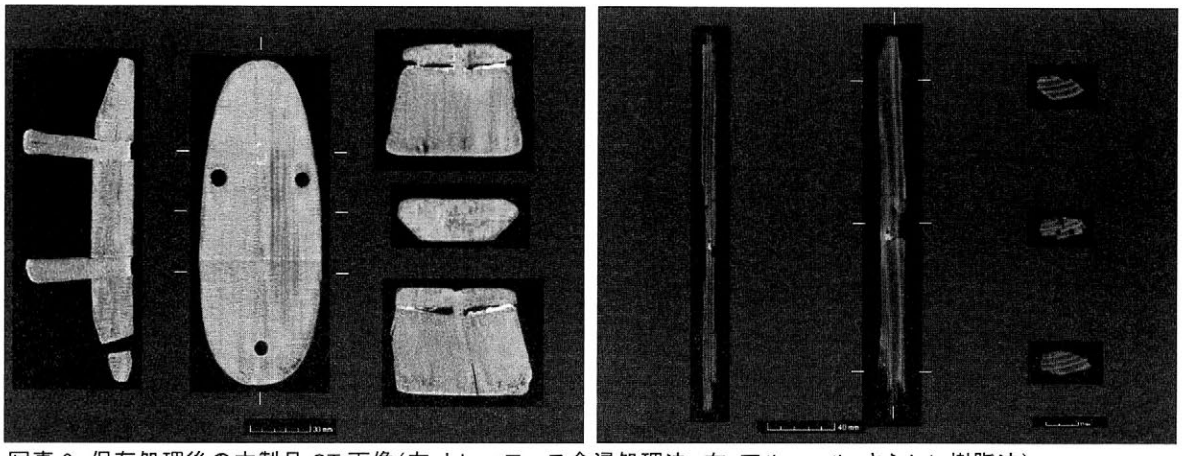


写真 2　保存処理後の木製品 CT 画像（左：トレハロース含浸処理法　右：アルコール・キシレン樹脂法）

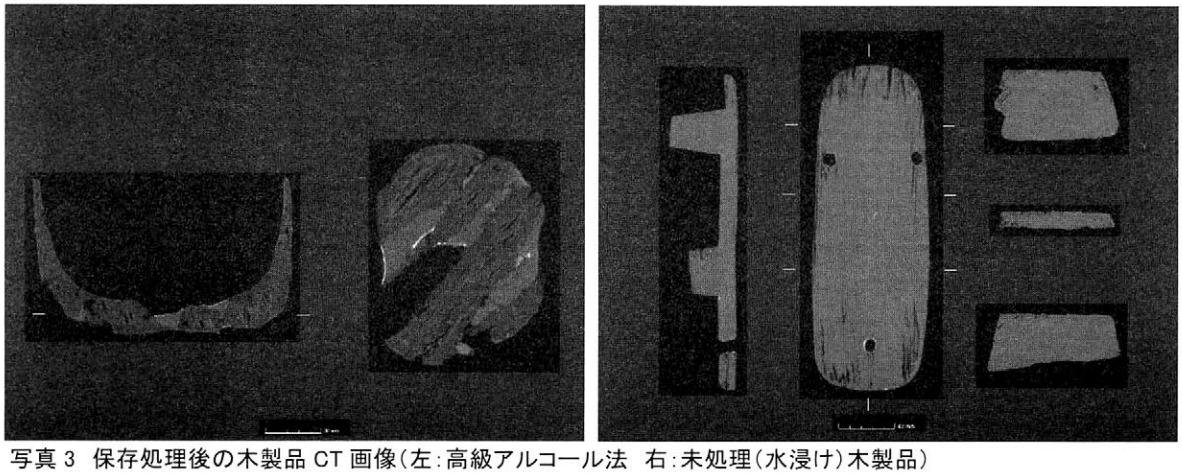


写真 3　保存処理後の木製品 CT 画像（左：高級アルコール法　右：未処理（水浸け）木製品）

4. まとめ

X 線 CT スキャナの調査により、何れの保存処理方法においても処理後の木製品内部に X 線吸収係数の高い範囲が確認された。X 線吸収係数の高い範囲は、処理後の木製品内部で広がりを見せることから、処理薬剤の分布を示すものと考えられる。また、その分布は処理方法により特徴がある様子も確認できた。今後、調査資料を増やし各処理方法による薬剤分布の特徴や傾向について調査を進めていきたい。

福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土資料のX線CTスキャナによる調査

The investigation using the X-rays CT scanner into archaeology object by Funabaru tumuls in Koga City,Fukuoka Prefecture

○小林啓・加藤和歳・山崎悠郁子(九州歴史資料館)、森下靖士・甲斐孝司・横田義章(古賀市教育委員会)、今津節生・輪田慧(九州国立博物館)

○Akira Kobayashi・Kazutoshi Koto・Yuiko Yamasaki(Kyushu Historical Museum),Yasushi Morisita・Takashi Kai・Yoshiaki Yokota(Koga City Boaed of Education),Setsuo Imazu・Kei Wada(Kyushu National Museum)

1. はじめに

平成25年3月、福岡県古賀市の船原古墳の傍らから、古墳時代後期(6世紀末～7世紀初頭)の馬具・武具など大量の遺物が埋納された大型土坑が発見された。出土した遺物は、質、量ともに豊富で重要性が極めて高く、出土状態も良好なため貴重な情報を多く内包する。

本報告では、これら遺物に対しX線CTスキャナによる調査を行った結果について報告する。調査は現在も継続中であるが、7つの歩揺付飾金具を六角形の透かし入りの金属板の上に幾何学的に配置して組み合わせた『金銅製歩揺付雲珠』は、これまで国内に類例の無い資料として今回はじめて報告する。この他、金銅装心葉形杏葉などの調査成果について報告する。

2. 資料と調査方法

出土遺物は金属器だけで186個体、総数は200点を超えることが予想されている。このうち本報告では、No.054(金銅製歩揺付雲珠)・No.071(金銅装心葉形杏葉)を対象とした。

出土遺物は非常に脆く細片となり、また有機質が複雑に混在することが予測されたため、発掘調査現場では土壌ごと塊状に取り上げ、遺物や有機質の状態をCTで確認、調査することを試みた。

3. 結果

No.54(金銅製歩揺付雲珠)は、六角形の金銅板に透かし彫りを施し、六角形の中央と頂点に歩揺付飾金具を配置する構造であることが判明した。(写真1)歩揺付飾金具は、芯棒・釣手・円筒・半球座から成り、これまで国内で出土している歩揺付飾金具と構造的に類似する点が多い。(写真2)中央の大型歩揺は釣手が8本、周囲に配置される小型歩揺は釣手が4本である。

No.71(金銅装心葉形杏葉)は、左右一対となる鳳凰の文様で装飾されている。(写真3)鳳凰の羽等に細かな線彫りが施されており、文様や金具の特徴から新羅の影響を受けた遺物と考えられる。

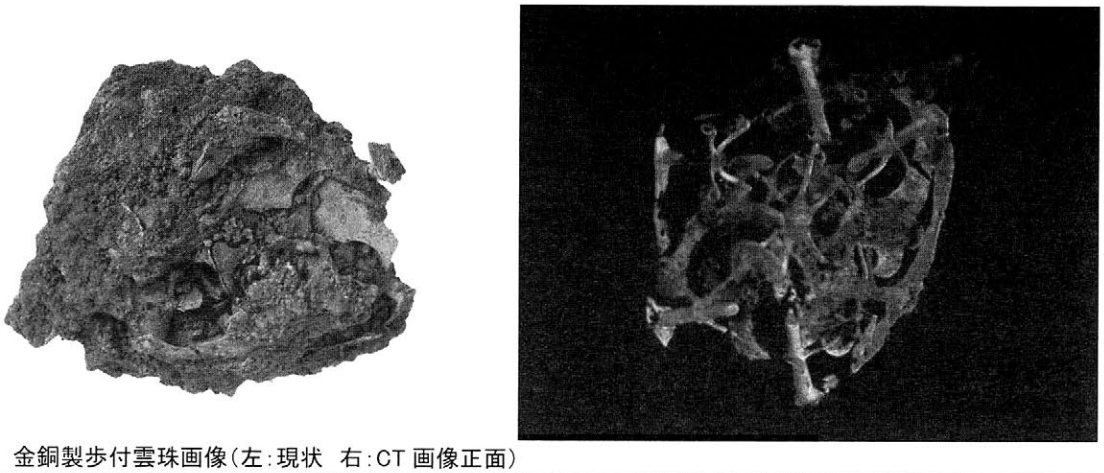


写真 1　金銅製歩付雲珠画像（左：現状　右：CT 画像正面）

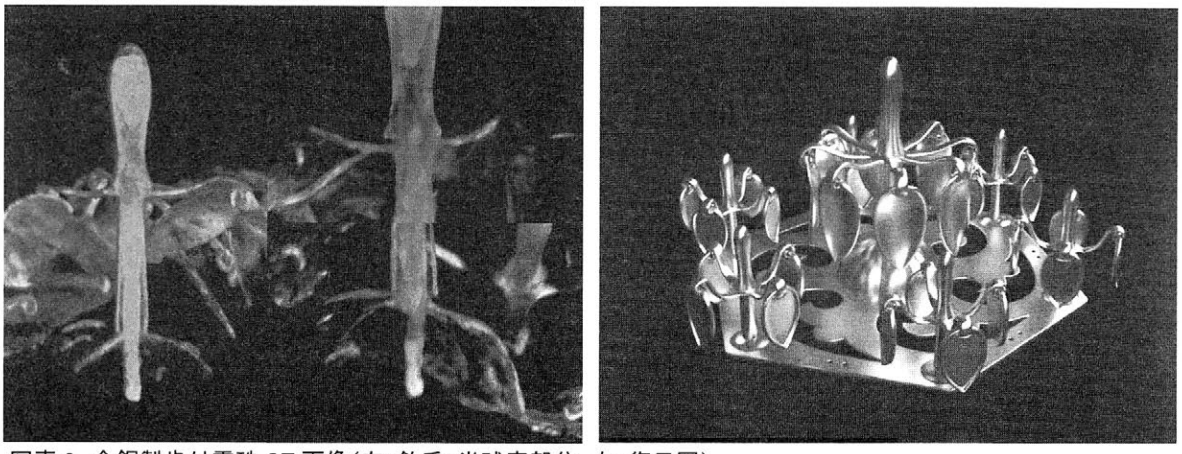


写真 2　金銅製歩付雲珠 CT 画像（左：釣手・半球座部分　右：復元図）

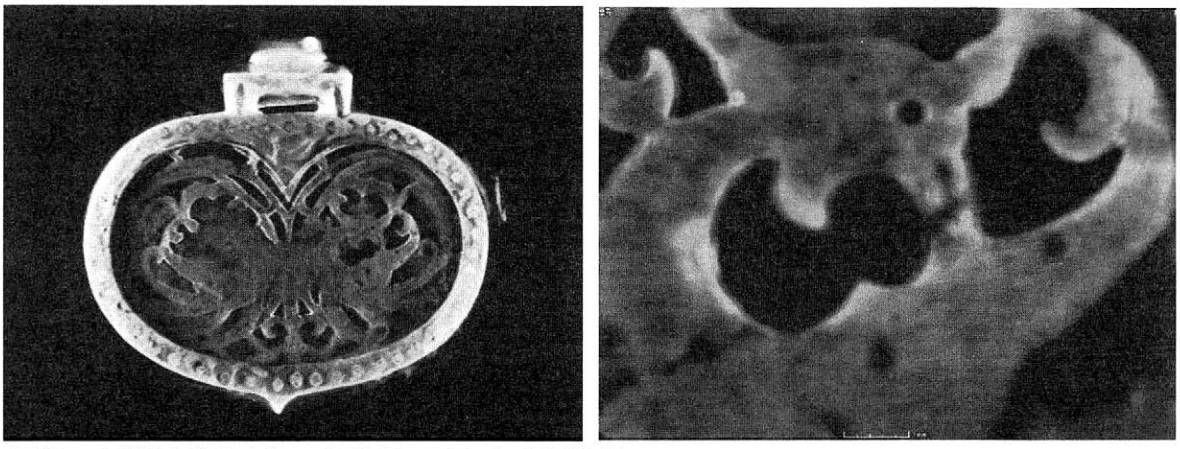


写真 3　金銅装心葉形杏葉 CT 画像（左：正面　右：鳳凰部分）

4. まとめ

CT 調査により遺物の状態と詳細な構造を確認することができた。また、周囲の土ごと塊状に取り上げたことで、埋納当時の位置情報や有機質等についても確認することができた。

今後、CT調査のデータ解析を進め、遺物の装飾や構造、保存処理や科学分析に向けた調査を継続的に行とともに、従来の調査手法では形として残ることなく朽ちてしまった繊維、皮、木材の存在についても詳細な情報を見出していくことに期待する。

福岡県古賀市船原古墳遺物埋納坑出土資料の発掘現場における調査

-液体窒素と医療用ギプスを活用した漆塗飾弓の取り上げ-

The investigation in the excavation Site into archaeology object by Funabaru tumuls in Koga City,Fukuoka Prefecture

○小林啓・加藤和歳・山崎悠郁子(九州歴史資料館)、森下靖士・甲斐孝司・横田義章(古賀市教育委員会)、今津節生・輪田慧(九州国立博物館)

○Akira Kobayashi・Kazutoshi Koto・Yuiko Yamasaki(Kyushu Historical Museum),Yasushi Morisita・Takashi Kai・Yoshiaki Yokota(Koga City Boaed of Education),Setsuo Imazu・Kei Wada(Kyushu National Museum)

1. はじめに

平成25年3月、福岡県古賀市の船原古墳の傍らから、古墳時代後期(6世紀末～7世紀初頭)の馬具・武具など大量の遺物が埋納された大型土坑が発見された。出土した遺物は、質、量ともに豊富で重要性が極めて高く、出土状態も良好なため貴重な情報を多く内包する。

遺物埋納坑から出土した遺物の中に漆塗飾弓がある。漆塗飾弓は遺物埋納坑の底面から複数本が複雑に重なった状態で出土し、これらは個々に取り上げることが困難であり、遺構底面を深く掘削することもできなかった。本報告では、脆弱遺物の取り上げに従来から利用されている液体窒素と医療用ギプスを活用した漆塗飾弓の取り上げ事例について報告する。

2. 資料と調査方法

漆塗飾弓は長さ約 2m、6～8 本が束になり相互に複雑に重なった状態で出土している。弓の先端からは銀製の弭が出土しており、飾金具の両頭金具も弓に装着された状態で出土している。

取り上げは、漆塗飾弓の表面に水分を十分に含ませた後に養生し、弓の上面と側面を医療用ギプスで固定する。ギプスの上から液体窒素をかけて漆塗飾弓と底面の僅かな土壌を凍結させ地面と切り離した。なお、今後のCT調査等を念頭に30～50cmの長さで分割して取り上げた。

3. 結果

漆塗飾弓は内部の木部が朽ちて表面の漆膜のみが残存する非常に脆弱な状況であった。取り上げ前に、遺物表面に十分な水分を含ませ養生することで、液体窒素が水分を急速凍結しそれが接着剤の役割を果たすことで漆膜とその下の土壌を薄く分離することができた。また取り上げ後は、素早く天地返しをすることで、医療用ギプスが強固な受け皿となり凍結した水分が融解した後も遺物と土壌の形状を保つことができた。

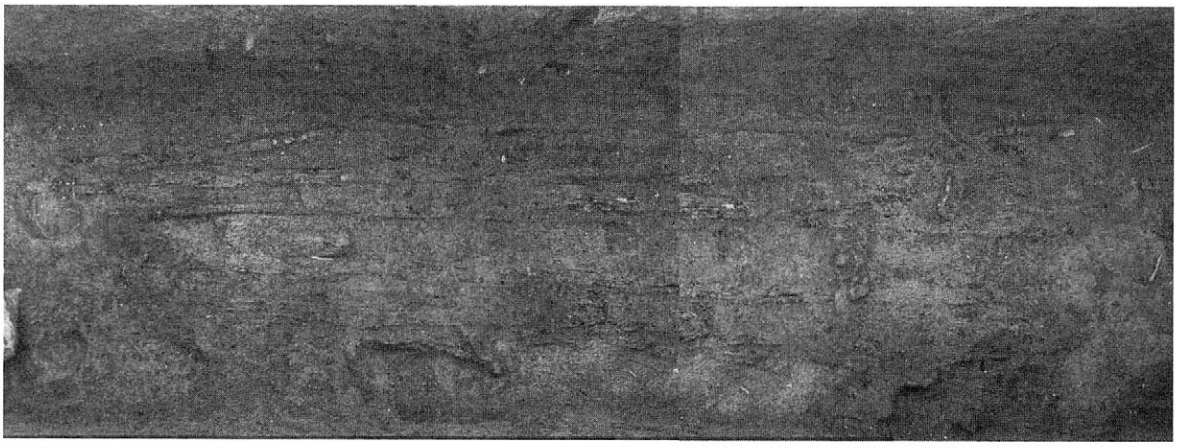


写真 1　漆塗飾弓出土状況

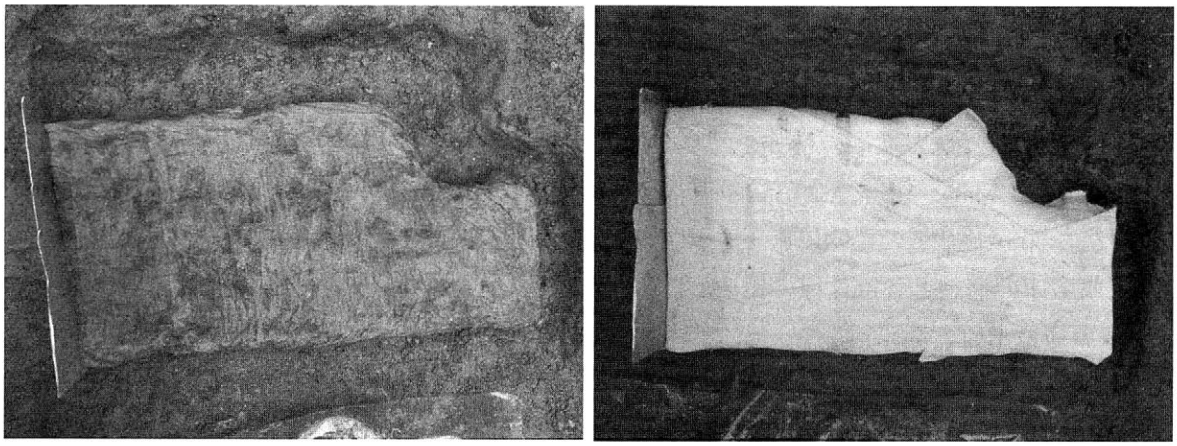


写真 2　取り上げの状況（左：水分を含ませての養生　右：医療用ギプスによる固定）

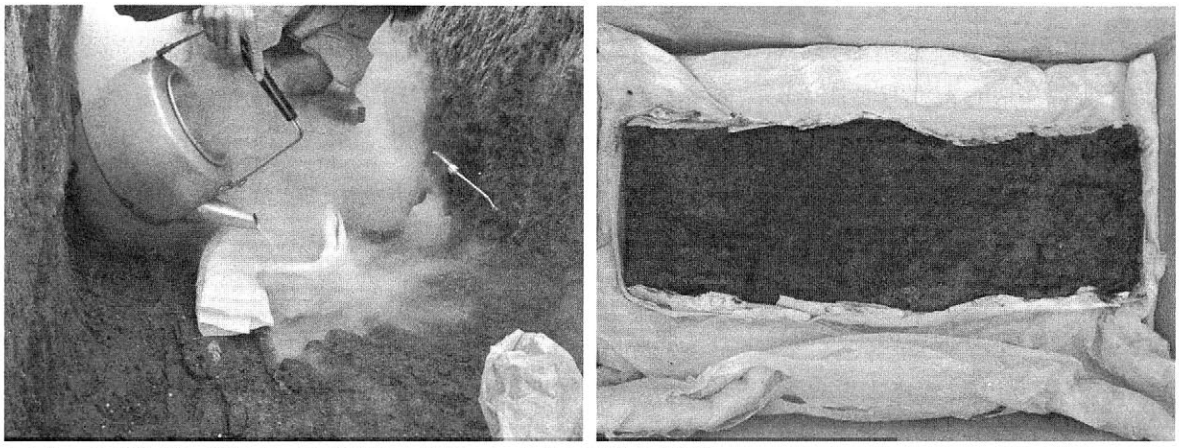


写真 3　取り上げの状況（左：液体窒素の滴下　右：取り上げ後の状況）

4. まとめ

本報告では、従来から脆弱遺物の取り上げに利用されてきた液体窒素と医療用ギプスの両者を組み合わせることで、より素早く良好な状態で脆弱遺物の取り上げを行うことができた。またこの方法は、遺物周辺を大きく削平できない条件下においても有効であることが確認された。現在、取り上げた漆塗飾弓について、CTスキャナ等により内部構造や土壌内に残されている有機質の痕跡などの調査を進めている。これらの調査成果についても引き続き報告を行う予定である。

断熱・調湿工法による収蔵庫の庫内環境

Internal environment of the repository constructed by thermalinsulation and moisture regulation method

○宮野則彦(日本大学)、宮野秋彦(名古屋工大)

○Norihiko Miyano (NIHON Univ.), Akihiko Miyano (NAGOYA Inst.of Tec.)

1. まえがき

断熱・耐火ならびに調湿性能に優れた建材で内装した関東地方の某寺境内に建つRC造収蔵庫の庫内温湿度について、竣工時から数年に及ぶ長期観測結果について報告する。

収蔵庫の天井及び壁面に施工した内装材料は、本来、ゾノトライト結晶系ケイ酸カルシユウムを主体とした構造用鉄骨部材の耐火被覆材として開発されたもので、これに珪藻土などを添加して調湿性能の増強を図り、抄造成型したボード状の内装用建材である。

因みに、本材は、中尊寺金色堂の覆堂や薬師寺玄奘三蔵院内の絵殿[1]を始め、各種文化財の展示・収蔵施設[2]の建物に施工されて、良好な温湿度環境の保持に寄与している。

2. 収蔵庫の構造と各部仕様の概要

収蔵庫はRCの高床構造で、床スラブは35mm厚のポリエチレンフォームを下地としてその上に厚150mmのコンクリートを打ち、床面は12mm厚合板を下地張りして15mm厚の縁甲板張仕上とし、天井及び周壁はコンクリート躯体の表面に25mm厚の上記した調湿建材を貼り、壁面には、その上に荷摺を兼て木製の竪格子を駒返張りとしている。

庫内は前室と収蔵室に分かれ、仕切壁の中央には片引きのスチールドアと両開きの木製戸による出入口があり、両室の床面と天井面には夫々2箇所ずつ通気口が設けられている。

3. 庫内の温湿度環境安定化に向けての竣工後の経緯

収蔵庫は1999年3月に竣工したが、RC躯体の乾燥を促すために床及び天井の通気口を全開して、翌4月から庫内外の温湿度を測定して経過を観察した。

この形式の収蔵庫は、1950年代頃から文化財の収蔵庫として普及したが、通気口の開閉についての取り扱いの不適切によって収蔵品に瑕疵を生じたこともあった。

本例では、RC躯体の乾燥を主目的として通気を行ったが、時に高湿な外気の流入などもあって、1年後も躯体の乾燥状態はやや不十分な状態であった。

その後、除湿器を併用しながら通気口の開閉調整を行い、略3年後には庫内湿度環境の安定を見ることが出来た。

4. 測定結果の概要

図1には、竣工直後の1999年5月から約1年間の収蔵庫内外の月平均相対湿度の測定結果を、図2には、内部湿度環境が安定した2004年から略1年間の収蔵庫内外の月平均相対湿度の測定結果を示す。なお、安定後は通気口を全て閉鎖している。

図1より明らかなように、竣工後1年間の庫内の月平均相対湿度は外気のそれと殆ど差

がなく、外気が高湿の日の通気口の連続開放は不適切であることが分かる。

これに対して、竣工４年後の測定結果である図２では、庫内の月平均相対湿度が年間を通じて概ね 60～70%の範囲に収まっていて、非常に良好な保存湿度環境となっている。

図３に、収蔵庫内外の温度並びに相対湿度の日較差を示す。

図より、年間を通して、収蔵庫内の温度の日較差の月平均値は外気温の 5～8℃に対して、収蔵庫内は 1℃未満で、相対湿度の月平均日較差では僅かに 1%未満となっている。

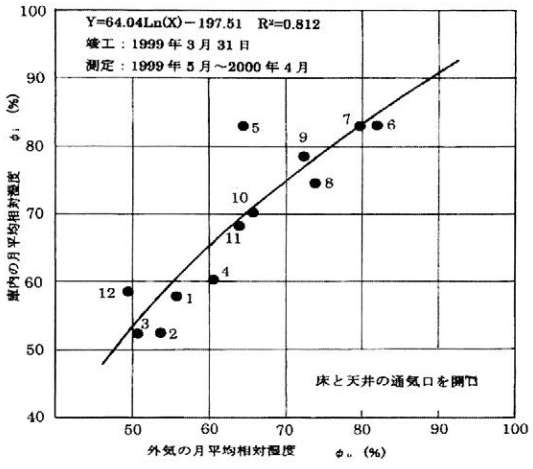


図１　収蔵庫内外の月平均相対湿度の相関Ⅰ

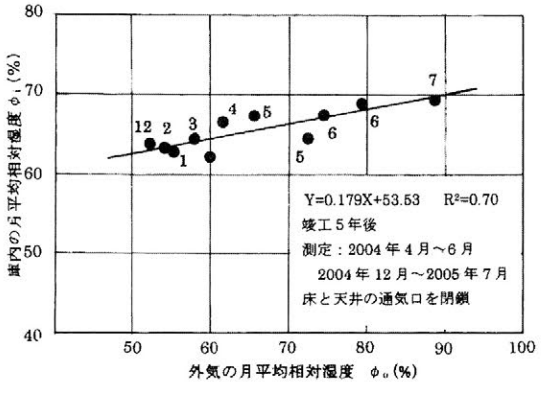


図２　収蔵庫内外の月平均相対湿度の相関Ⅱ

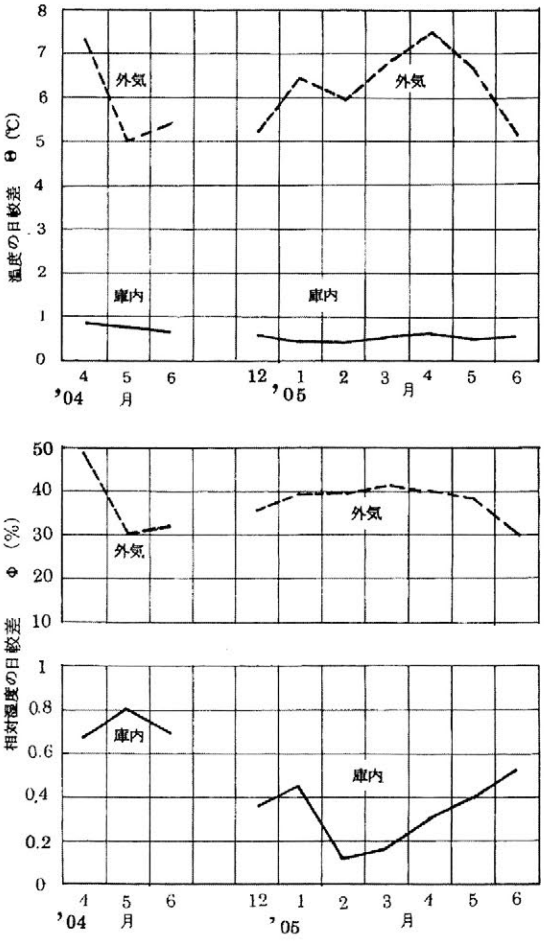


図３　収蔵庫内外の温湿度の日較差

5. むすび

筆者等がこれまでに関係した事例では、収蔵庫内部の相対湿度の日変動較差が年間を通じて僅かに 1%以下という結果が得られたのはこれが最初で、内装材の調湿効果と共に、その断熱効果にも配慮した「断熱・調湿工法」によるものと考えている。

[1]：薬師寺の玄奘三蔵院伽藍壁画殿の内部温湿度：宮野秋彦、鈴木嘉吉、宮野則彦、日本文化財科学会 30 回大会、2013.

[2]：教雲寺経蔵の改修による温湿度環境の改善結果(倉の収蔵環境に関する研究　第 63 報)：宮野秋彦、河野寛美、日本建築学会中国支部研究報告集、第 32 巻、2009.3.

鷹島海底遺跡出土木製品へのトレハロース含浸法処理事例報告

Anecdotal report of the trehalose method for marine waterlogged-wood

○合澤哲郎(松浦市立鷹島埋蔵文化財センター)

1. はじめに

長崎県松浦市鷹島南岸の海域に広がる鷹島海底遺跡は、蒙古襲来(元寇)の際の元軍の戦艦が沈没、埋没した場所と知られており、数多くの遺物が見つかっている。

その中でも船材と考えられる大型の木製品の多くには鉄釘が付着しており、強化剤として広く使用されているポリエチレングリコール(以下 PEG)による強化処理では、PEG が木材内部に含まれている Cl イオン、SO4 イオンと反応することで分解され、鉄釘周辺の木質の脆弱化、鉄釘の腐食を引き起こす恐れがある。また船材の中にはクスノキなどの緻密で堅い樹種が使われているため、分子量の大きい PEG による処理では、含浸終了までに非常に長い歳月を要すると考えられる。

PEG を用いずに強化する方法としては、トレハロースを使用した強化処理の基礎研究が行われている(今津・中田・高妻・伊藤・藤田 2012、日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集)。

今回、海底遺跡出土木製品に対して試験的にトレハロース含浸法による強化処理を行ったので、処理工程、処理結果について報告する。

2. 処理工程

・船材(KZK02-524)(写真 1・2)

遺物はスギ属の船材とされる板材である。鉄釘が2つ付着している。中央部の鉄釘は中空であり、周辺部の木質は錆化している。

処理工程は濃度を 2 週間に 10%上げることとし、10%から始めて 70%で処理を終えた。処理を行うにあたり、任意の繊維方向、接線方向、半径方向の長さ、重量を測定し、その変化の推移を確認した。

・船材(KZK02-312)(写真 3・4)

遺物はマツ属の船材とされる板材である。KZK02-524 のような鉄釘は付着していないが、釘穴が 2 ヶ所空いており、周辺部の木質が錆化している。

処理工程は針葉樹材として先に行った KZK02-524 の重量データより処理期間を短く設定し、1 週間に 10%濃度を上げることとし、10%から始めて 60%で処理を終えた。

3. 処理結果

KZK02-524 に関しては、表 1 より接線方向に縮小しているように見えるが、計測用の虫ピンが処理途中で固定できなくなった誤差が含まれているため、信頼性に欠ける点がある。表 2 より、重量は濃度を上げてから 1 週間程度で安定している様子が分かり、KZK02-312 の処理を行う上で含浸期間の短縮の検討材料となった。

共に鉄釘・鉄錆が付着している遺物であったため、水系の処理を行うことによる腐食などが見られないか、処理後の状態確認を行ったが、剥離や破断は見られなかった。ただし、表面処理後に KZK02-524 の鉄釘部に関して亀裂が一部確認できた(写真 5)。

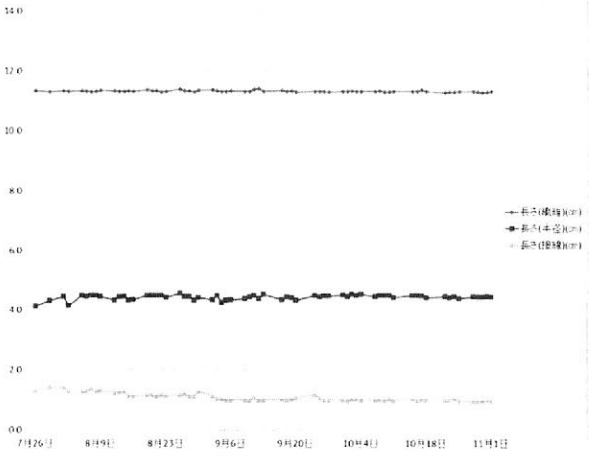


表 1:繊維・半径・接線方向の長さの推移

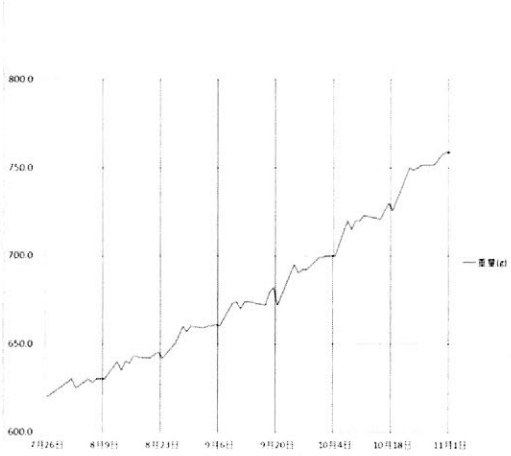


表 2:重量推移(縦線は 10%ずつ)

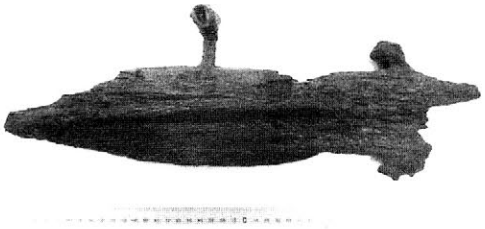


写真 1:KZK02-524(処理前)

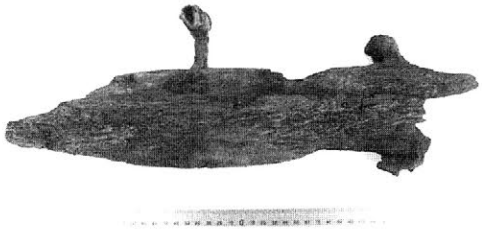


写真 2:KZK02-524(処理後)

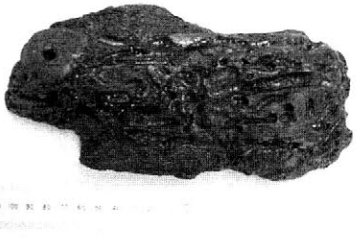


写真 3:KZK02-312(処理前)

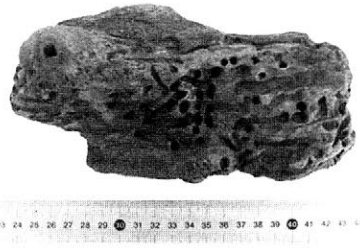


写真 4:KZK02-312(処理後)

写真 5:発生した亀裂

4. まとめ

トレハロース含浸法による処理を行った結果、遺物の外見に変化は見られず、PEG 法に代わる有効な処理方法であるように感じられたが、今回の処理では計測すべきデータが不足していたため、継続してトレハロース含浸法の有効性を確認する詳細な実験を行っていく。実験には海底遺跡出土木製品(クスノキ材)を用いる。

また、処理を行った KZK02-524 の鉄釘部の亀裂に関しても定期的に確認を行い、トレハロースが持つ防錆効果についても検証を行う予定としている。

出土木材のマイクロ波加熱凍結乾燥法による保存処理の研究3

Study on conservation of waterlogged wood using freeze-drying method with microwave heating 3

◯川本耕三((公財)元興寺文化財研究所)、植田直見(同左)、山田哲也(同左)、中村秀美(国立奈良高専)

◯Kozo Kawamoto, Naomi Ueda, Tetsuya Yamada (Gangoji Institute for Research of Cultural Property), Hidemi Nakamura (Nara National College of Technology)

1. はじめに

出土木製品の凍結乾燥処理法では、乾燥が遺物表面から内部へ進んでいくので、それにつれて遺物表面と内部の含水率の差が大きくなる。その結果、遺物表面は乾燥し過ぎて細かいクラックを生じるのに対し、遺物内部には水分が局在する危険性がある。

そこで、遺物にマイクロ波を照射することにより誘電加熱し、内部の水分に昇華エネルギーを与えて均一な乾燥を図る装置（図１、表１）を作製し、実際に装置を運転することによって起きる現象等を本学会で報告した（出土木材のマイクロ波加熱凍結乾燥法による保存処理の研究１，２）。

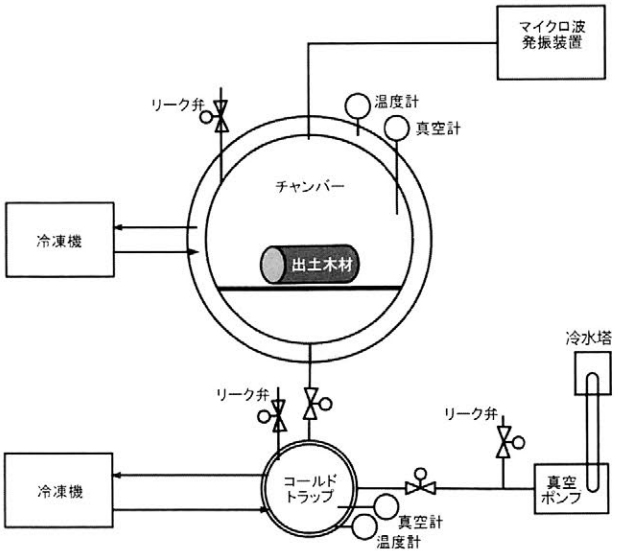


図１．マイクロ波加熱凍結乾燥装置模式図

本年は、引き続き行ったマイクロ波加熱凍結乾燥装置の改良とその効果、この装置による出土木材試料による乾燥実験について報告する。

2. 凍結乾燥装置の改良

装置付属の真空ポンプ周りの改良（クーリングタワー設置による水冷化と、大型オイルミストトラップ・還流装置設置によるポンプオイルの冷却）を行なうことで、夏期の外気温上昇にともなう性能低下が緩和された。

また、冷媒のコールドトラップ冷却経路の変更により高含水率の出土

表１．マイクロ波加熱凍結乾燥装置諸元

チャンバー	直径９００、全長１８００mm（円筒横型）
	庫壁温度 －３０℃（運転時）
試料棚	１．６２m^2（有効面積）
コールドトラップ	直径４００、全長８００mm（円筒横型）
	庫壁温度 －４５℃（運転時）
到達真空度	１０Ｐａ（約０．０７５Ｔｏｒｒ）
マイクロ波発振周波数	２４５０±５０MHｚ（マグネトロン）
マイクロ波出力	０～２KW（連続可変）

遺物から昇華する多量の水分の貯留にも対応できるようになった。

これらの改良により、想定していた処理条件で試料を凍結乾燥処理できる基本性能が確認できた。

3. 導波管タンク導入部の昇温（プラズマによる局所加熱）対策

マイクロ波導波管のタンク導入部加熱対策として、石英製窓ガラス取り付け部ガスケットの種類・厚みの変更を行ったが、十分な効果を得ることができなかった。そこでさらに導波管導入部の形状の変更を行った。

その結果、高真空下でのマイクロ波誘電加熱において導波管タンク導入部の昇温が緩和された。

しかし、依然長時間の運転では過剰な昇温が起こるため、マイクロ波漏洩測定器や赤外線サーモグラフィを用いて導波管タンク導入部をきめ細かく監視することにより、出土木材試料のマイクロ波誘電加熱真空乾燥実験を行なうこととした。

4. 出土木材試料による乾燥実験

直径約40mmの丸太状出土木材（樹種：二葉松、含水率約500%）を試料として、マイクロ波出力を変えて、表1に示したような運転条件で凍結乾燥処理実験を行った。

その結果、マイクロ波を照射することによって従来の凍結乾燥処理法と有意な差を認めることができた。

今後は、さらに条件（樹種や含水率、マイクロ波強度、時間など）を変えて処理実験を行っていきたい。

なお、この研究は平成２３～２６年度科学研究費補助金（基盤研究（B））により行った。

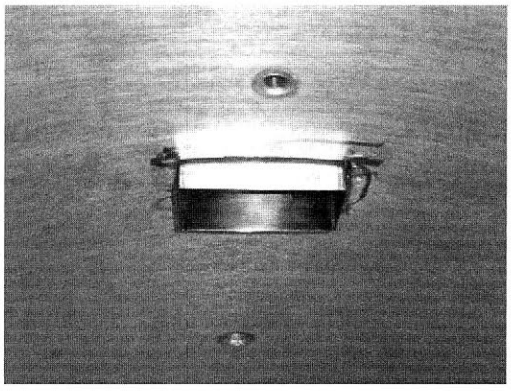


図２．導波管導入部

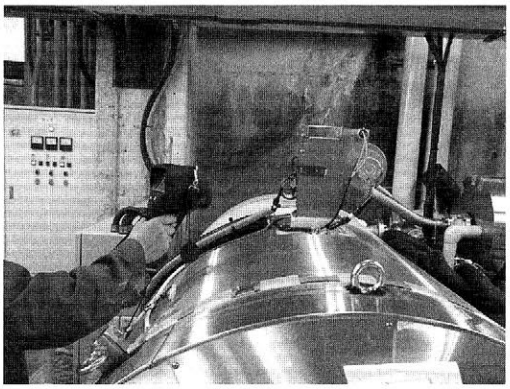


図３．昇温箇所の測定

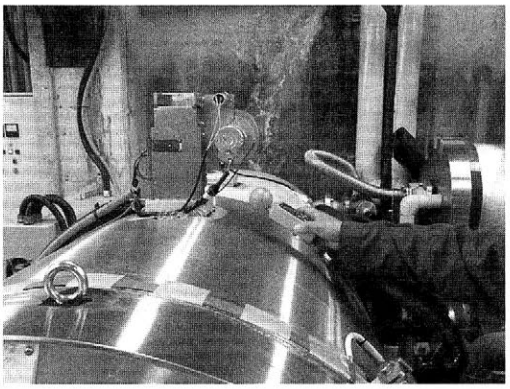


図４．マイクロ波漏洩箇所の測定

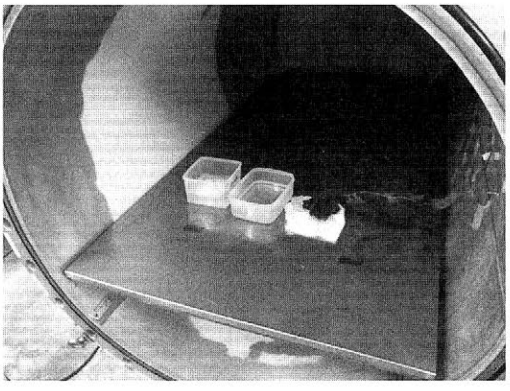


図５．出土木材の乾燥実験

石灰岩を中心とした炭酸カルシウム系文化遺産の付着微生物とその界面における挙動解析

Analysis of the interface between organisms and the substrate of calcareous materials-based cultural heritage with a focus on limestone

○河﨑衣美（筑波大学），松井敏也（同）
○Emi KAWASAKI, Toshiya MATSUI（University of Tsukuba）

1．はじめに

炭酸カルシウムは文化遺産に多様な用途で使われる素材である。発表者らは炭酸カルシウム系材料が用いられた文化財に着生した生物による影響について、劣化の診断基準を構築すること、文化財に負荷をかけない予防方法の提案を目的として調査研究を行っている[1)]。屋外環境に曝される炭酸カルシウム系材料を用いた文化遺産には、材料のアルカリ性という性質から特有の生物の付着が見られる。本報では炭酸カルシウム系材料の生物劣化の診断基準を構築するため、沖縄県の文化遺産を構成する石灰岩や漆喰とその付着生物を対象に現地調査を行い、採取したサンプルについて付着界面の構造を観察し、物理的劣化作用を明らかにした成果を報告する。炭酸カルシウム系材料の中でも粉体である漆喰と岩石とでは物理的劣化と化学的劣化の進行の違いから、そのリスクの大きさは異なることが予想されたため、ベトナムや鹿児島県の漆喰との比較を行った結果についても報告する。

Fig.1　生物が着生した石灰岩製の城壁

2．方法

沖縄県の文化遺産を構成する石灰岩および漆喰と、比較対象として鹿児島県およびベトナム・フエにおいて建造物を構成する漆喰とその着生生物を対象とした。地衣類の種類はイボゴケ属地衣（*Bacidia* sp.）、レプラゴケ属地衣（*Lepraria* sp.）、キゴウゴケ属地衣（*Opegrapha* sp.）、ミドリゴケ属地衣（*Endocarpon* sp.）、マルゴケ属地衣（*Porina* sp.）、属不明の地衣（痂状地衣1から痂状地衣6、粉末状地衣）である。採取サンプルについて、表面状態、着生界面の構造を光学顕微鏡や走査型電子顕微鏡を用いて断面を観察し、生物体の穿入深さや密集レベル、界面における基物の形状などを調査した。またX線回折装置（Bruker AXS社，D8 ADVANCE / TSM、線源 CuKα）を用いてバイオミネラルを分析した。地衣類と基物の組み合わせは「地衣種名-基物種名」と表記し、属不明の地衣類の場合はその形態的特徴を示す。

3．結果と考察

沖縄県採取のサンプルを三つの着生タイプ（全面で付着し穿入するタイプ、全面で付着し穿入しないタイプ、点で付着し穿入しないタイプ）に分類すると、全面で付着し穿入するタイプ

が痂状地衣 1-石灰岩、痂状地衣 2-石灰岩、痂状地衣 3-石灰岩、痂状地衣 5-漆喰、イボゴケ属地衣-漆喰、痂状地衣 6 および粉末状地衣および黒色微生物（混在）-漆喰、全面で付着し穿入しないタイプが痂状地衣 4-石灰岩、痂状地衣 6 および粉末状地衣および黒色微生物（混在）-漆喰のサンプルに見られた。鹿児島県採取のサンプルでは、全面で付着し穿入するタイプがイボゴケ属地衣-漆喰、キゴウゴケ属地衣-漆喰、ミドリゴケ属地衣-漆喰に、ベトナム採取のサンプルでは全面で付着し穿入するタイプがマルゴケ属地衣-漆喰、全面で付着し穿入しないタイプがレプラゴケ属地衣-漆喰に見られた。

Fig.2 にイボゴケ属地衣-石灰岩の断面画像を示す。画像上部が地衣表面、下部が基物である石灰岩側である。対象のイボゴケ属地衣は基物に全面で付着し穿入するタイプの地衣類であるため、地衣と基物の界面は不明瞭であった。同タイプのキゴウゴケ属地衣-漆喰、イボゴケ属地衣-漆喰の場合、漆喰は粉体であり穿入を受けやすいため穿入部分において密度の低い漆喰層が約 100 μmから 500 μmの深さにわたって形成されていた[1]が、このような層の形成は石灰岩基物においては見られなかった。

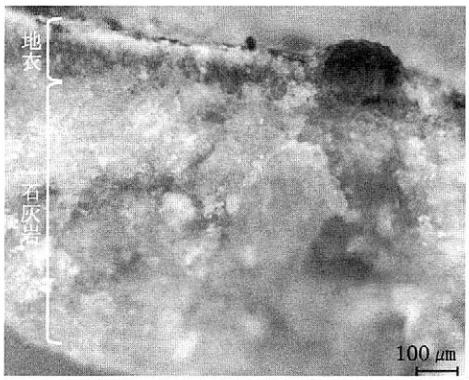


Fig.2　イボゴケ属地衣-石灰岩断面（×200）

沖縄県採取サンプル 7 点について X 線回折を行った結果、痂状地衣 4-石灰岩の 1 点でバイオミネラルである whewellite（シュウ酸カルシウム一水和物）が検出された。他 6 点からは calcite のみが検出された。シュウ酸カルシウムの存在は化学的劣化が生じたことを示すと考えられる[2]。鹿児島県採取のサンプルでは、キゴウゴケ属地衣-漆喰に weddellite（シュウ酸カルシウム二水和物）、ベトナム採取のサンプルではレプラゴケ属地衣-漆喰に weddellite が検出されている．何れの地域のサンプルにもバイオミネラルが検出されたが半数は越えず、炭酸カルシウム系材料の着生地衣類においてバイオミネラルの生成は主要ではない可能性がある。

4．まとめ

沖縄県の文化遺産において地衣類の着生した石灰岩と漆喰の物理的劣化および化学的劣化について比較調査を行った。3 つの着生タイプにより分類すると、全面で付着し穿入するタイプ、全面で付着し穿入しないタイプの 2 つに分類でき、全面で付着し穿入するタイプが多かった。バイオミネラルの分析から、炭酸カルシウム系材料の着生地衣類においてバイオミネラルの生成は主要ではない可能性が考えられた。

【謝辞】本研究の一部は日本学術振興会科学研究補助金[課題番号 22300305]および[課題番号 25257303]により行われたものである。現地調査においては沖縄県教育委員会ならびに南九州市教育委員会、琉球大学の池田栄史先生、早稲田大学の中川武先生、木谷建太氏に御協力を戴いた。感謝の意を表します。

【引用文献】

1)河崎衣美，松井敏也．「着生地衣類による漆喰の劣化特性」日本文化財科学会第 30 回大会研究発表要旨集, pp.326-327 (2013)

2)河崎衣美，松井敏也．「地衣類が着生した漆喰の着生部付近におけるカルシウム元素分布」Lichenology 11(2), p.98 (2013)

紙素材を用いた大気中の有機酸・アンモニアの除去法に関する研究
Research on the exclusion methods of organic acids and ammonia in the atmosphere using paper materials

西田典由(愛媛県産業技術研究所紙産業技術センター)、大井辰夫、國武哲則(カミ商事株式会社)、渡辺智恵美(別府大学)

1. はじめに

大気中の有機酸やアンモニアは展示収蔵品の劣化原因となるため、可能な限り除去することが望ましい。たとえば、展示施設や収蔵庫内の大気中のギ酸濃度は20 μ g/m^{3}以下、酢酸濃度は430 μ g/m^{3}以下、アンモニア濃度は22 μ g/m^{3}以下にするのが望ましいとされる[1]。そのため、これらを除去するための設備や各種除去剤が用いられている。発表者らもこれまでに有機酸等の除去剤の開発を行ってきた[2]。本研究では、抄紙技術を活用して有機酸やアンモニアを除去するシート(以下、除去シートとする)の開発を行った。抄紙技術を利用することで、安価かつ大面積の除去シートを製造できる。安価なことに加え、紙製でかつ大面積のシートであるため、利用者側が自ら自由に切断成形等を行うこともでき、現場の要求により答えやすい除去シートになると期待できる。なお、試作したシートを成形した紙製展示台の試作も行った。

2. 研究方法

2−1. 除去シートおよび紙製展示台の試作

除去シートの試作を行った。シートマシン抄紙機を用いて条件決定を行い、抄紙機を用いて除去シートの原紙の試作を実施した。試作条件を表1に示す。除去シート原紙はコルゲーターを用いて片面段ボールとした。これにより表面積が大きくなり吸着性能が向上することが期待できることに加え、シートに巻き癖が付くことを防止できる。また、デンプン糊を用いて除去シートを接着することで、小型の紙製展示台を成形した。

表1 除去シート原紙の抄紙機による抄紙条件

	対照	試作1	試作2
パルプ	100	87.2	83.2
カキ殻粉末	0	3	7
吸着剤A	0	5	5
吸着剤B	0	3	3
凝集剤A	0	0.6	0.6
凝集剤B	0	0.6	0.6
紙力剤	0	0.6	0.6

2−2. 性能評価(基礎物性、ラボ及び現場での吸着試験)

試作した除去シートの、強度やアルカリリザーブ等の基礎物性を調べた。また、シートの有機酸・アンモニア除去性能を、ラボおよび実際の展示施設で調査した。ラボでの試験では、容積0.1875m^{3}のデシケーター内に、一定の面積になるよう切り分けた除去シートを入れ、濃度調整した酢酸またはアンモニアを注入し、検知管を用いて酢酸またはアンモニアの濃度経時変化を分析した。展示施設での評価では、シート設置後の酢酸およびアンモニアの濃度経時変化を検知管により分析した。

3. 結果と考察

3−1. 除去シートおよび紙製展示台の試作

試作した除去シートおよび紙製展示台を図1に示す。除去シートは、壁に吊るしたり展示ケースの底に敷いたりと自由に使うことができる。紙製展示台は、木製の展示台に比べると強度が劣るが、文書など軽量物であれば十分に利用可能と思われる。

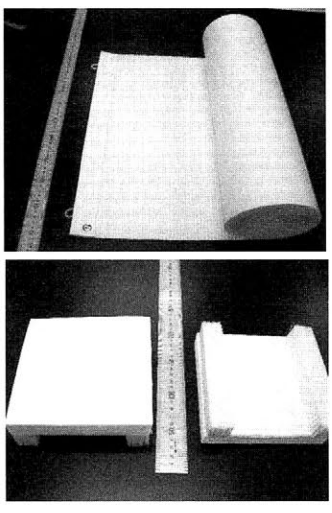


図1 除去シート(上)
紙製展示台(下)

3－2. 性能評価

除去シートの基礎物性の評価結果を表2に示す。試作2については、強度等の基礎物性が若干低下し、展示台に加工するなど強度が求められる環境で利用することは難しいと思われるが、壁に吊るしたり床に敷いたりする用途であれば問題ないと思われる。

表2 試作シート原紙の基礎物性

		対照	試作1	試作2
坪量(g/m^2)		108.1	100.7	101.5
紙厚(mm)		0.158	0.158	0.161
引張強度 (kN/m)	縦	6.76	6.17	5.06
	横	4.47	3.46	2.83
圧縮強度(N)	縦	179	157	145
	横	138	121	109
破裂強度(kPa)		453	425	389
灰分(%)		0.1	6.2	9.2
冷水抽出 pH		6.2	11.0	11.2
ｱﾙｶﾘﾘｻﾞｰﾌﾞ($CaCO_3$%)		0.1	6.6	10.4

また、除去シートを用いた際の有機酸およびアンモニアの濃度変化一例を図2に示す。除去シートの面積が大きいほど、また、カキ殻配合量が多いほど、有機酸およびアンモニアの除去性能は増したと言える。本試験では、デシケーター内の空気をファンで強制循環させながら試験を行ったため、実際の展示ケース内などと同様の比較はできないが、本試験系においては、1m^3 あたり 0.17m^2 の除去シートを設置して 2 時間放置することにより、初期濃度 5ppm の酢酸を 0.2ppm 以下に、初期濃度 20ppm の酢酸を 1.0ppm 以下にまで低下させることが可能なことが確認された。また、実際に大分県内の展示収蔵施設の展示ケース(1.778m^3)にシートを設置して酢酸およびアンモニアの濃度変化を調査した。設置当初は 50μg/m^3 だった有機酸濃度が、設置の一週間後には 5μg/m^3 にまで低下し、この状態は少なくとも2ケ月以上継続した。アンモニアについては当初から検出下限を下回っていた。

今回は酢酸を主な除去対象とした吸着剤を配合して抄紙を行ったため、酢酸に比べるとアンモニアの吸着は速度が遅く、面積も広くする必要があった(データ未掲載)。しかし、吸着剤の種類をアンモニアに適したものに変更することで、アンモニア対策を強化した除去シートも製造可能である。

4. 今後の課題

長期間使用した場合に有機酸等の再放出などの問題が発生しないかどうか、検討する必要がある。また、さらに多数の美術館等に設置して有機酸等の濃度の経時変化分析を行うとともに、適正量や除去剤の交換時期等についてもより詳細に探っていく必要があり、現在臨床実験を行っているところである。

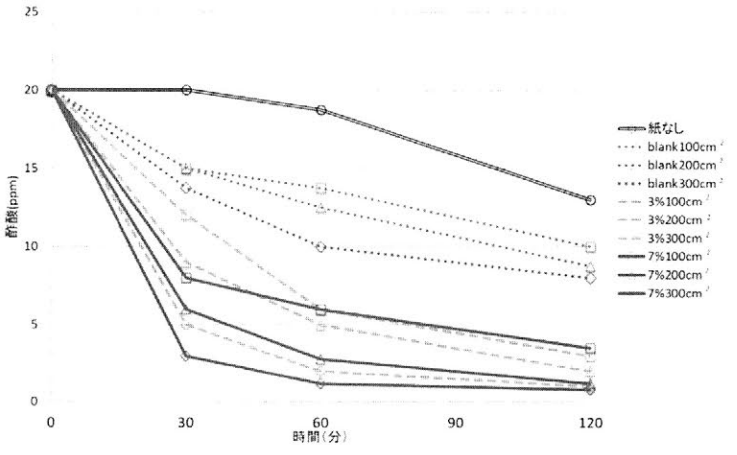


図2 試作シートの酢酸除去性能(初期濃度 20ppm)

謝辞

本研究を行うにあたり、各地の展示収蔵施設には多大なご協力をいただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

参考文献

1)佐野千絵、呂俊民、吉田直人、三浦定俊:博物館資料保存論、みみずく舎、p66(2010)

2)西田典由、渡辺智恵美:文化財保存修復学会第33回大会研究発表要旨集、182-183(2011)

モンゴルにおける出土木製品の保存修理について

Conservation of wooden heritages found in Mongolia

○メンドバザル　オユントルガ・西山要一（奈良大学）

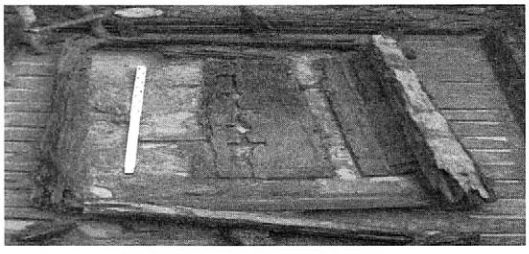
1. はじめに

ユーラシア大陸の北東部に位置するモンゴルでは、これまで幾多の遊牧国家が生まれ、東西の歴史や文化に大きな影響を与えてきた。遺跡からは現地で製作されたものだけでなく、ユーラシアの各地からもたらされた高価な品々が膨大に出土しており、遊牧国家の強大な力と広範な文化交流を物語っている。その中には早急に保存処置を施さなければならない有機質遺物が多く含まれている。特に木製品は、適切な保存処置が行われずに消失や変形してしまったり、埋め戻されてしまう場合もあり、歴史学的な研究が十分に行われてこなかった現状がある。モンゴルの考古学研究の歴史は約100年余になり、その間多くの国と共同で発掘調査を行ってきたが、他国と比較して考古学的な調査研究は遅れていると言わざるを得ず、保存科学的研究に至ってはほとんど行われてこなかった。これらは今後改善していかなければならない大きな課題である。本研究では、まずは喫緊の課題となっている木製品の保存処理・修復方法を確立することを目標に調査を行ったので報告する。

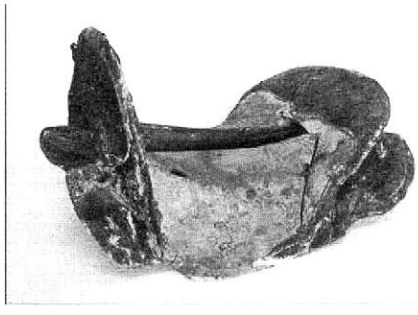
2. 調査方法

木製品の保存処理・修復方法を確立するに当たり、まずはどの時代の、どのようなものが、どこから、どのような環境で出土しているのかを調査し、時代・種類・用途ごとに分類した。すでに刊行されている報告書に収録された出土木製品を収集するとともに、モンゴル国内の研究所や博物館所蔵木製品の調査、さらに各研究機関の研究者に聞き取り調査を行った。

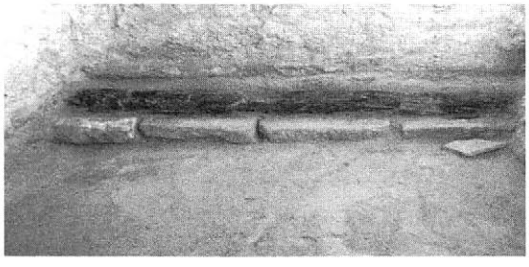
パジリク時代の墓（紀元前7世紀）



匈奴時代の貴族墓（紀元前3世紀）



モンゴル帝国時代の鞍（13世紀）



遼時代の城門（10～11世紀）

3．考察

調査の結果、どの時代の遺跡からも木製品は出土しているが、特に多いのがパジリク時代、匈奴時代、モンゴル帝国時代の遺跡であることがわかった。モンゴル帝国時代は比較的新しいため木製品が残存していてもそれほど不思議はないが、パジリクや匈奴などの古い時代の遺跡からも多く発見されているのが特徴である。これは、凍結状態などの遺跡の地理的環境、その墳墓の形状に起因していると考えられた。また、近年発掘された突厥時代（7 世紀）の墳墓からも扉や棺、木偶などが発見されている。

各時代を通じて主な木製品の用途は比較的共通していることが分かった。モンゴルで最古と考えられている木製品は、紀元前７世紀頃の棺や日用品であり、この頃にはすでにある程度発達した木材加工技術が存在していたことが窺える。時代が下るにつれ少しずつ技術や特徴が変化していき、地域的な差も見られるようになった。モンゴル帝国時代以前（紀元前７世紀から紀元後１３世紀）には殆どの木材が日用品や建築物に利用されてきたが、モンゴル帝国時代を境に木製品の利用が多様化していくことがわかった。以下にこれまで発掘された木製品を時代ごとに大まかに分類した。

①紀元前７世紀から紀元前２０９年（パジリク時代）
・日用品・祭祀具・棺など。
②紀元前２０９年から紀元８世紀（匈奴～突厥～ウイグル時代）
・日用品・建築物・武具・馬具・棺・祭祀具など。
③紀元８世紀から１３世紀（契丹～遼代）
・日用品・建築物・武具・馬具・農具・祭祀具・棺など。
④紀元１３世紀から１８世紀（モンゴル帝国時代以降）
・建築物（寺院建築を含む）・玩具・武具・馬具・農具・祭祀具など。

4．おわりに

本研究によりモンゴル出土木製品の用途や種類を時代的・地域的まとめることができた。これは木製品を保存修復していくに当たって把握しておくべき基本的な情報であり、今回ようやくモンゴルにおける保存・修復学的研究に向けた準備が整ったと考えている。

今日のモンゴルには適切な保存科学の知識を持つ研究者がおらず、薬剤や分析機械など保存・修復のための環境が整っていない。このことから、出土木製品の保存処理・修復はモンゴルにおいてはあまり重要視されていない現状がある。今後は遺物・遺跡の保存処理・修復に関する情報を積極的に発信していくとともに、環境や木製品の状態(乾燥や凍結状態)に合わせたモンゴル独自の保存処理・修復方法を確立していく必要がある。

参考文献

1. МОНГОЛЫН ХҮРЭЭЛЭН БУЙ ОРЧИН　МУИС-ийн Биологийн Факультетийн Ой судлалынтэнхимийн эрхлэгч, доктор,профессор Н.Баатарбилэг　北海道大学大学院環境科学院グローバルCOEプロジェクト支援ユニット発行
2. 2003“Монгол улсын түүх” Боть-1. УБ.,2003
3. дэрхангай Т, Жискар П.Х. “Монгол-Алтайн археологийн дурсгалууд-I” /Баян-Өлгий аймаг/. УБ.,2009.
4. Соёлын үл хөдлөх өвийн хадгалалт хамгаалалт” УБ.,2006

保存修復への3Dプリンタの応用事例

Application examples of 3D printer to Conservation

○塚本敏夫　田中由理　岡田一郎　日下部静香（公益財団法人元興寺文化財研究所）
原田幹（愛知県教育委員会）原田昌幸（文化庁美術学芸課）長野泰幸（㈱大成モナック）

1. はじめに

近年、デジタル技術の進歩は文化財の保存修復にも応用されてきており、発表者らは3Dデジタルアーカイブ技術で3Dプリンタを使ったデジタルレプリカ製作や展示台の製作を行ってきた。

今回、重要文化財の朝日遺跡出土銅鐸の保存修復において大きな欠損部を復元する際に、残存している反対側の3Dデジタルデータを反転復元して3Dプリンタで製作して使用することにより、より精巧な復元を短時間で行えたのでその結果を報告する。

2. 朝日遺跡出土銅鐸と保存修復仕様

2-1. 朝日遺跡出土銅鐸の概要

朝日遺跡は東海地方を代表する弥生時代の大規模集落で、その出土品は弥生時代の多様な生業、生産・流通の様相、精神生活を復元するうえで極めて重要な資料として、2012年に一括して重要文化財に指定されている。銅鐸は集落南端に埋納された状態で出土し、青銅器埋納と集落との関係が把握できる重要な出土例である。型式は突線鈕1式で、器高46.3cm、幅26.3cmをはかり、紋様は四区袈裟襷文と鋸歯文、同心円文からなる。弥生時代中期末から後期初頭に製作されたと考えられ、三遠式銅鐸の前身となる特徴を持っている。

2-2. 銅鐸の現状と保存修復仕様

(1)現状と問題点　銅鐸は出土時に身の片側部分が欠損しており、最初の保存修理の際、欠損部を樹脂で復元している。その際、復元部内側を針金で補強して、内面の観察ができない状態であった。また、錆の進行により、口縁部での劣化が確認されたため、指定を契機に再修理と保管箱の製作を行うこととなった。

(2)保存修理仕様　今回の保存修復では防錆・強化とともに欠損部分の再復元を行い、安全に展示活用できるようにすることが保存修理の基本仕様と位置付けられた。そのために、大きな欠損部の復元に、既に、指定品の銅鏡の修理で実績のある3Dプリンタを使ったデジタルレプリカ技術で対応する仕様とした。

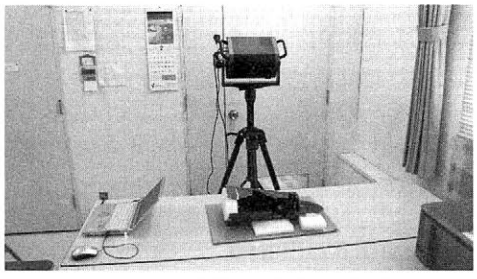


写真-1　銅鐸の3次元計測

3. 銅鐸の復元修復

3-1. 遺物の3次元形状計測

(1)計測装置　3次元形状計測には計測スピードが速く、計測精度が良い非接触のレーザスキャン方式であるコニカミノルタ製RANGE7を選定した。計測精度は最小分解能で約0.08㎜と高精細である。

(2)計測方法　計測では精度を重視してテレレンズ(最小分解能約0.08㎜)で計測した(写真-1)。

計測に際しては、遺物の安全を確保できる斜め上からA,B面とも左右2方向から計測し、死角が無いようデータを統合した(図-1)。

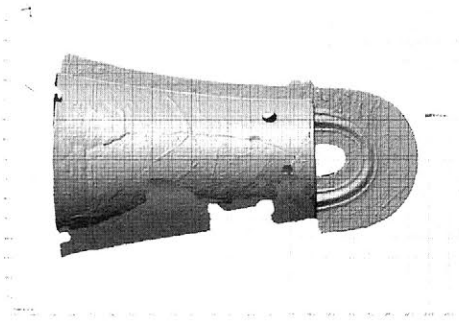


図-1　銅鐸の計測結果（陰影図）

3-2. 復元パーツの作製

(1)復元パーツの3次元モデリング(反転復元)

RANGE7 で得た 3 次元データを編集ソフト rapidform XOR Redesign (INUS Technology, Inc.製) を用いて合成した後、STL データに変換した。

オリジナル銅鐸データを残っている部分の３Dデジタルデータを反転復元した復元データモデルを作成し、その復元データモデルをオリジナル銅鐸データの欠損箇所にマッチングさせて。欠損部形状にあった復元モデルデータをモデリングした。

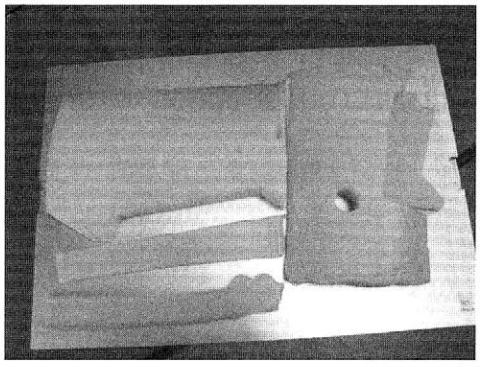


写真-2　復元パーツ（５分割）

(2) 復元パーツの3D プリンタ出力

３D プリンタ　モデリングした欠損部復元モデルを３D プリンタ（米国 3D Systems 社製 ProJet®3500HDMAX）で造形した。造型方式はマルチジェット方式、積層ピッチは 32μ。

復元材料　材料はＵＶ硬化のアクリル系樹脂を使用して、５パーツに分割して製作した(写真-2)。

3-3..組上げと仕上げ加工

防錆・強化処置・コーティングが終わった銅鐸本体に３D プリンタで製作した復元パーツをはめ込み仮組を行い(写真-3)、加工調整をした後にエポキシ系接着剤で接合。本体と違和感のないように仕上げ加工を施し、アクリル絵具で古色仕上げをして銅鐸の保存修理を完成した（写真-4)。

4. おわりに

従来の方法では遺物にフィットする立体的で曲面加工を伴う復元修理は難しく、製作に多大な時間を要していた。今回、最新の 3D プリンタ技術を用いることで、短時間で、正確に、しかも詳細な紋様の再現まで製作することが出来た。

近年の３Dプリンタ技術の進歩により、より一層の時短と低コスト化が期待される。

文化財の保存修復にも日常的に使用される様になるであろう。今後も文化財の保存修復の発展のため、伝統的な修復技術をベースに新しい修復技術を開発・改良してゆくべきであろう。

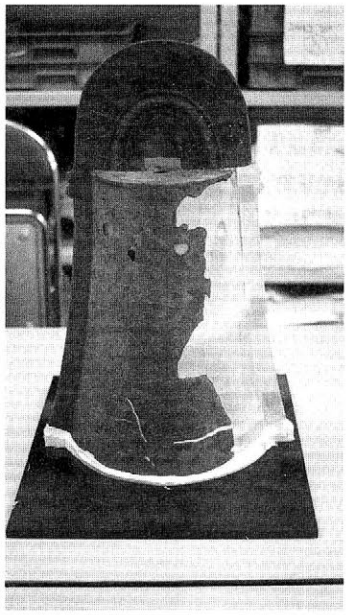


写真-3　仮組（復元パーツ）

写真-4　保存修理完成

参考文献

塚本敏夫他 2000「「レプリカ製作における3D デジタルデータ利用の可能性」『日本文化財科学会第 16 回大会要旨集』

塚本敏夫他 2004「3 次元デジタルデータを用いた遺物安定台の作製」『文化財保存修復学会第 26 回大会発表要旨集

塚本敏夫他 2012「「3Dデータを用いた桐展示台の製作」『日本文化財科学会第 29 回大会要旨集』 pp278-279

真菌による膠分解と温度環境の関係性

Relation between biodegradation of fungi and temperature

○山内れい（東北芸術工科大学大学院）、米村祥央（東北芸術工科大学）、岡田靖（東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター）

1. はじめに

膠の劣化には温湿度環境の変化や経年劣化等様々な原因が挙げられるが、真菌の分解酵素による低分子化もその原因の一つである。特に山林中の寺院等では高湿度環境である事が多く、真菌の発生と膠の劣化が確認されている。本研究では以上のような問題を抱える文化財を保管している寺社仏閣を対象に被害発生状態と保管環境を調査し、真菌の膠分解程度は保管環境に左右されるのか検証実験をした。膠を利用する文化財の保存と微生物被害対処法の模索への基礎情報収集を研究目的とし、本報告では被害事例がある山形県白鷹町塩田行屋御沢仏の夏季環境調査結果と膠・ゼラチン液化試験を中心に述べる。

2. 環境調査：山形県白鷹町塩田行屋御沢仏群

塩田行屋は湯殿山修験者の明寿海によって明治 10 年代に建立され、四代にわたって周辺地域の信者によって信仰されてきた。四代目智妙海が同行屋を昭和 5 年頃に去った後宗教活動は停止し、現在は同地区の地域住民によって管理されている。行屋は山林中にありデータロガーによる 2013 年 8 月の温湿度調査では温度 15~25℃、相対湿度 80~100%で夏季の温度としては比較的低いが湿度は高い傾向がある事が分かった（図 1）。また剥落片及び接着面付着膠片では走査型電子顕微鏡（SEM）観察により多量の菌糸が確認され（図 2）、彩色層及び部材接着部分の膠劣化に関与している要因の一つであると考えられる。

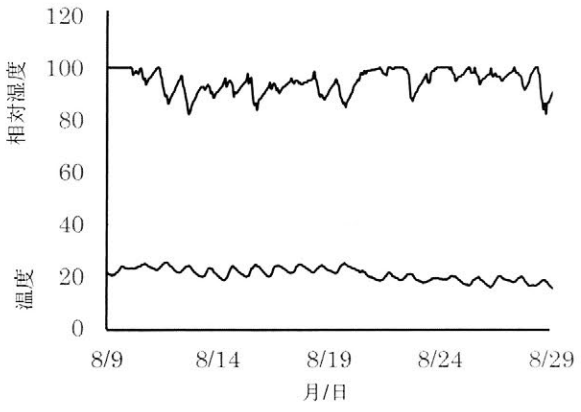


図 1. 8 月堂内温湿度の推移

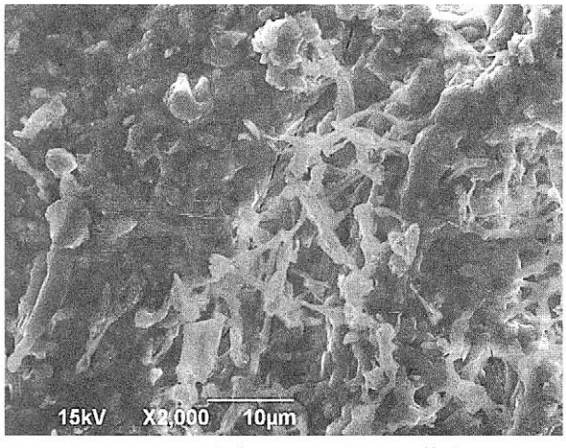


図 2. 彩色面に発生した菌糸

3. 膠・ゼラチン液化試験

3-1 方法

飛鳥製三千本膠を主成分とした液化試験用膠培地（glucose 20g/l、pepton 5g/l、飛鳥製三千本膠 200g/l）と比較とするゼラチン培地（glucose 20g/l、pepton 5g/l、粉末ゼラチン 200g/l）をオートクレーブ滅菌後、試験管に 5ml 分注し剥落片より分離した真菌(*Aspergillus versicolor*、*Coprinellus xanthothrix*、*Penicillium citreonigrum*)を各培地にそれぞれ接種し、22℃と 27℃の恒温器内で 30 日間静置培養した。培養後菌体より下層の膠又はゼラチン部分を 1ml 採取し温度 4℃、27℃条件下での液化状態をみた。

3-2 結果・考察

表 1. 膠・ゼラチン液化状態

	三千本膠 22℃		三千本膠 27℃		ゼラチン 22℃		ゼラチン 27℃	
	4℃	27℃	4℃	27℃	4℃	27℃	4℃	27℃
A. versicolor	○	○	○	○	×	○	×	×
C. xanthothrix	○	○	○	○	×	△	×	×
P. citreonigrum	×	△	×	△	×	×	×	×

（○：液状、△：ゲル状、×：固体）

表 1 より全体的にゼラチンより三千本膠の液化した結果が多く、*P. citreonigrum* 以外全条件下で液化した。しかし液化しにくい傾向があったゼラチン 22℃条件で培養したサンプルは 27℃より液化が進んでいた傾向があり、特に *A. versicolor* と *C. xanthothrix* は比較的 22℃下で分解能が高まる可能性が考えられた。*A. versicolor* は培養 14 日目で菌体下に透明層を形成し（図 3）、培養 30 日後透明層を採取した結果液化していた為約 14 日で液化が進んだと考えられる。*C. xanthothrix* も 22℃条件で比較的高い分解能を示し、1 か月間の生長状態も良好であった。これら 2 種の結果より温度条件の違いによって分解能が左右されることが分かった。一方 *P. citreonigrum* は他の菌種に比べ分解能が著しく低かった為菌種によって分解能は異なる事も分かった。

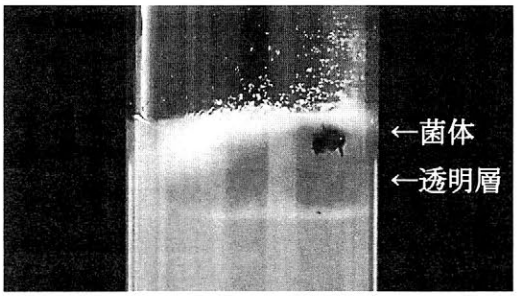


図 3. 菌体下の液化層（培養 14 日目）

4. おわりに

今回報告した膠・ゼラチン液化試験によって菌種ごとに膠分解能が異なる事と 22℃下では分解能が比較的高い事が判明した。しかしデータロガーの結果では 20℃以下を示す温度環境が長期間続く事が分かった為今後は 20℃以下の条件も足して分解能検証を行いたい。また培養期間が 1 ヶ月と長期であった為、短期間培養で膠分解速度を検討する必要がある。今後は周辺環境条件と各菌種の分解能の関連性に焦点を当て、真菌が文化財保存環境内で膠を分解させる最良環境条件を考察し、保存環境整備などに役立てたい。

MRIとX線CTを用いた愛知県清須市清洲城下町遺跡出土柿経束の内部性状の可視化

Visualization for internal property of a bundled *kokera-kyō*, shingles with sutra inscriptions using MRI and X-ray CT

○山田哲也[1]・木戸晶[2]・藤本晃司[2]・長尾泰輔[3]・小泉幸司[3]
・柴垣哲彦[4]・富樫かおり[2]・植田直見[1]

1.（公財）元興寺文化財研究所　2. 京都大学大学院医学研究科放射線医学講座
3. 京都大学病院放射線部　4. 清須市教育委員会

○Tetsuya Yamada・Aki Kido・Koji Fujimoto・Taisuke Nagao・Koji Koizumi
・Tetsuhiko Shibagaki・Kaori Togashi・Naomi Ueda

1. はじめに

平成20(2008)年に愛知県清須市清洲城下町遺跡清洲小学校体育館地点から一枚ずつの薄い柿経が巻子状に束ねられ竹で箍締めされた柿経束が半円筒形の塊の状態で出土した。平成22(2010)年度から箍締めされた柿経束の保存処理を行なうことになった。その保存処理を実施する前に京都大学医学部に設置されている研究用のMRI(Magnetic Resonance Imaging)と臨床用のX線CT(X-ray Computed tomography)を利用して、束ねられた柿経束の構造や内部の状態を非破壊で把握するための調査を行なった。

2. 調査の対象

今回調査を行なった対象物は、圭頭状の柿経片(ヒノキ材:長さ22　幅15　厚み0.02cm)を束ねて二条の竹で箍締めされた束経19cm程度と考えられ、その約40%程度が半円筒形の塊の状態で残存している柿経束(残存寸法、長さ23　幅18　高さ7.5cm)である。この経束側面には偈頌文と永享11年(1439)の年号が墨書で記されていた。箍から外れて整理された柿経には、一片に一行17字ほどの『無量寿経』と『観無量寿経』の経文や『念仏(南無阿弥陀仏を3回続ける)』が片面に写経されたものと墨書のない柿経片が確認されており、当初はおよそ5,000枚ほどの柿片が束ねられていたものと考えられている。

写真1　柿経束(赤外線写真)

3. 調査の方法

京都大学大学院医学研究科放射線医学講座に設置しているMR装置と京都大学病院放射線部に設置しているCT装置を利用して、箍締めされた柿経束の撮像をおこなった。

MR装置は、3テスラMR装置(東芝メディカルシステムズ社製)を使用。撮像シーケンスと主なパラメータは下記の通り。T1強調画像(SE、TR/TE = 5.9/2.7 msec、FA = 8 degree、Slice Thickness:3mm)、T2強調画像(FSE、TR/TE =11571/80 msec、 FA = 90 degree、Slice Thickness:3mm)、プロトン密度強調画像(TR/TE = 3871/10msec、 FA = 90 degree、Slice Thickness:3mm)。

※　SE: Spin echo、 FSE: Fast spin echo、 TR: Repetition time、 TE: Echo time、 FA: Flip angle

CT 装置は、東芝メディカルシステムズ社製 64 列 Aquilion を使用。管電圧:80Kv、管電流:200mA、4Rows(64 列の内 4 列を使用した)、Slice Thickness:0.5mm。

4. 調査の結果

図1に柿経束の長さ方向に対して中央部分にあたる MR 画像と CT 画像の断層像を示した。両者の画像から①柿経を巻子状に束ねて右巻に巻いている状態、②巻いている柿経束の間に空隙部分があること、③表面から観察できる位置以外にも内部に亀裂が生じていることが確認できる。

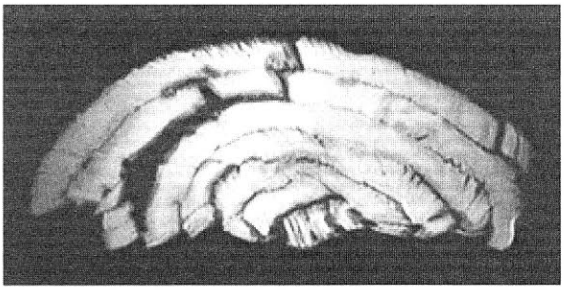
MR 画像の T1 強調画像で柿経束は全体がほぼ高信号を呈した。T2 強調画像では全体的に低信号を示していたが、柿経片間に高信号で水が存在していることを描出している部分が見られる。プロトン密度強調画像では、柿経内部の空隙や亀裂部分で空気と触れている部分において柿経片の端部にその周囲とは水分含有量が異なり、乾燥気味であることが示唆される。

また CT 画像においては、柿経内部の空隙や亀裂部分で土壌成分や鉄分の沈着がしている様子が確認できた。

5. まとめ

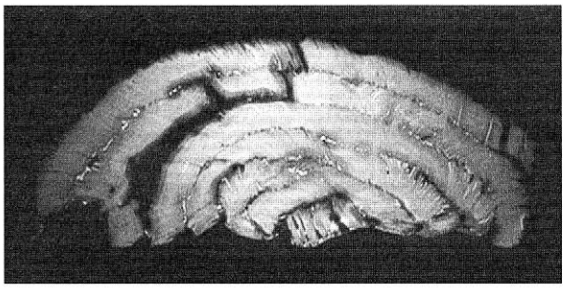
保存処理前の柿経束の MRI と X 線 CT を撮像することによって、外観からは確認することの出来なかった柿経束の内部の状態を捉えることが可能であった。更に、柿経束は水を含んだ状態のため、MRI で様々な画像を得ることでより詳細な内部情報を得ることができた。

As for financial disclosures, this study was supported by a sponsored research program, "Researches for improvement of MR visualization (No. 150100700014)" provided to one of the authors, Professor Kaori Togashi, by Toshiba Medical Systems Corporation, Japan.

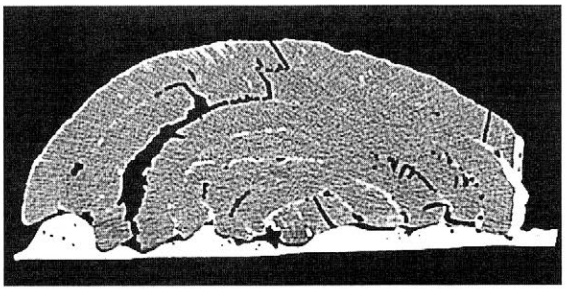


T1 強調画像

T2 強調画像



プロトン密度強調画像



CT 画像

図1 柿経束中央部の MR 画像と CT 画像の断層像

島本町・若山神社所蔵の石造狛犬について

A pair of stone guardian lions of Wakayama Shrine, Shimamoto Town

○朽津信明・佐藤円香・森井順之・前川佳文（東京文化財研究所）

○Nobuaki Kuchitsu, Madoka Sato, Masayuki Morii, and Yoshifumi Maekawa (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo)

1. はじめに

大阪府島本町の若山神社の本殿には、二対の木造狛犬とともに一対の石造狛犬が安置されている。この石造狛犬については、『若山神社史[1]』で「土製」と表現されてその存在自体については記載されているものの、詳しい由来についてはこれまで報告されていなかった。今回の調査により、これが江戸時代初期に製作された越前狛犬である可能性が考えられ、その奉納背景についてもある程度の知見を得たのでそれをここに報告し、またその際に行った赤外線写真撮影法の有効性についても紹介する。

2. 越前狛犬（笏谷石製狛犬）とは

越前地方に特徴的に産出する緑色の火山礫凝灰岩である笏谷石を材料として、中世から近世にかけて大量に製作され各地に奉納された一連の狛犬群が総称されて、「越前狛犬」と呼ばれて注目されている[2, 3]。これは、確認される限りでは永正十二（1515）年の銘を最古とし、おおむね朝倉氏の時代にはその勢力範囲内に奉納されていたものが、1573年の朝倉氏滅亡以降になって周辺地域まで広がりを見せるに至っている。特に（越前）府中三人衆の一人・不破光治によって1577年に美濃の上宮日吉神社に奉納された一対は国の重要文化財に指定されており、以降、西は大阪府守口市、南は愛知県岡崎市、北は青森県弘前市と、極めて広範囲に奉納されたことが確認されている[2]。このうちの、守口市・津嶋部神社の一対（慶長十三（1608）年銘）は市指定文化財となっており、市による紹介文では、同じ淀川沿岸の島本町・若山神社にも類例が見られることが示されていた[4]。

3. 島本町・若山神社と狛犬

若山神社は大阪府島本町大字広瀬の西天王山（若山）中腹に位置し、「土製」と表現されていた狛犬は、それ以前は低地にあった末社である小鳥神社を、1970年に合祀した際に現在地にもたらされたと伝えられている[1]。この狛犬は、実際には土製ではなく緑色の火山礫凝灰岩製であり、目視から笏谷石である可能性が極めて高いと判断されるため、これが守口市の指摘する[4]「類例」に相当する存在と判断される。狛犬は阿吽一対でいずれも角はなく、像高いずれも約38cmで雄雌の区別はない。阿吽いずれもが前足を立てて後足は折り曲げた状態で正面を向き、髪はいわゆる「おかっぱ」で毛筋はV字型に陰刻されている。いずれの特徴も、越前狛犬[2]に類例を見出すことができるものでありその一例と判断される（図1）。

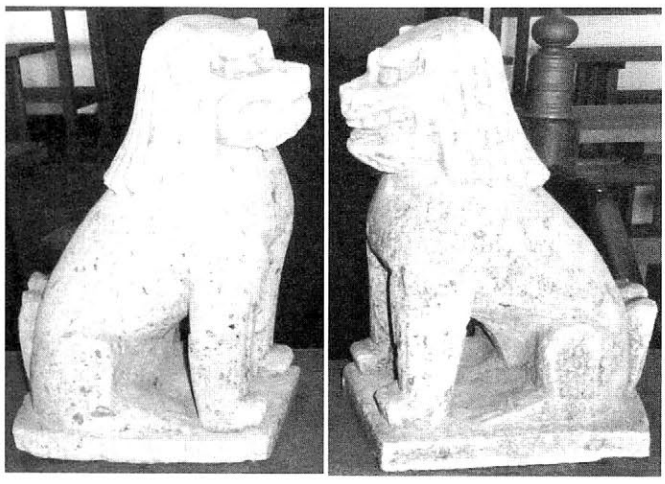


図1．若山神社狛犬

台座は長方形ではなく背中側のラインが直線ではなく弧状にやや膨らむ形で、その台座裏面に阿像吽像いずれも墨書によるかと見られる銘文文字が見出される。汚れの沈着などによって現状は文字が判読しづらい状況にあったため、今回赤外線写真を撮影することにより、その解読を試みた。

図２．撮影風景

3. 調査手法

赤外線写真の撮影にはPENTAX645D IRを用い、フラッシュにAF-540FGZを用いて、赤外線撮影時にはレンズの前にフィルター（FUJIFILM IR92）を取り付けた状態で、絞り2.8にて撮影した（図２）。撮影は通常の写真撮影と同等の手間で、ごく短時間で終了できた。得られた画像について、Photoshopにて画像処理し、コントラストを上げて銘文の解析を試みた。

4. 結果

阿像の銘の赤外線写真を図３に、吽像の銘の赤外線写真を図４に示す。阿像銘は、「□□□戊申年□月□□　廣瀬村小烏大明神納之　別當」、吽像銘は、「奉寄進　摂津國廣瀬天王御神前　施主　氏子中」と読み出すことが可能である。判読不能の文字の部分には、元号や数字などが表現されている可能性が考えられる。

図３．阿像銘文赤外線写真
（画像処理済）

図４．吽像銘文赤外線写真
（画像処理済）

5. 考察

小烏神社の改称前の呼称は小烏明神社であり[1]、社伝通りこの狛犬はもともと小烏神社に奉納されたものであることが確認された。元号や数字が解読されないため、その正確な奉納年は今のところ断定はできないものの、越前狛犬の類例[2]と比較すると、津嶋部神社の例[4]など、17世紀初頭頃のものと様式的に類似する特徴が見出される。このことから「戊申年」は、津島部神社の例で確認されるのと同じ慶長十三（1608）年を示す可能性がまずは議論される必要があると考えられる。こうした議論に貢献する今回試みた赤外線写真撮影法は、通常の写真撮影と同等の手間で撮影できる方法であり、今後の応用性が期待される。

謝辞　狛犬の年代推定および銘文解読では、瓜生由起・久角健二両氏（福井県立歴史博物館）と三井紀生氏にご協力いただいた。記して御礼申し上げます。

引用文献　1) 若山神社社務所（1989）若山神社史, 2)三井紀生（2012）若越郷土研究, 57, 1, 3)福井県立歴史博物館（2012）越前狛犬　越前青石（笏谷石）製の狛犬たち, 4) http://www.city.moriguchi.osaka.jp/contents/syogai-gakusyu/city/05.htm

江戸初期奈良絵本断片など彩色された考古資料のＸ線分析

X-ray analysis of “NARA-EHON” of the early period of Edo era.

○高橋 瑞紀[1]，藤原 学[2]

[1]龍谷大学大学院理工学研究科，[2]龍谷大学理工学部・古典籍デジタルアーカイブ研究センター

1. 緒言

龍谷大学が設置している龍谷ミュージアム（京都市下京区）には、考古学的にも貴重な仏教関連資料が数多く収蔵されている。近年は整理や展示以外にもデジタルアーカイブ研究センターや大宮図書館などと連携し、貴重資料のデジタルデータ化・復元およびその公開など特色ある研究が積極的に行われている。アーカイブとは単なる画像データのデジタル保存だけではなく、どのような材質にどのような顔料（岩絵具）を用いて描かれたか、また表面の質感はどうか、などさまざまな情報も合わせて保存することにある。考古資料の保存や復元に欠かせない情報を得るためには、最初に科学分析が行われる。そこでは主に使用されている材料の種類や産地、製作場所、製作年代といった基礎データの収集が行われている。そこで、本研究では江戸初期奈良絵本断片に用いられた顔料および染料についての科学分析を行い、基礎データの取得と使用された顔料の推定およびそれらの特徴を明らかにすることを目的とした。

2.実験

奈良絵本の特徴的な彩色場所を選び、X線顕微鏡（HORIBA製 XGT-2700, X線源:Rh Kα）を用いて点分析と面分析を行った。また、赤色系彩色部分の一点については、ポータブル複合X線分析XRDF装置（理研計器製）による測定を行った。さらに、使用されている染料についての考察を行うために、光ファイバー接続反射率測定装置（オーシャンオプティクス製）を用いて、青色系彩色ポイントの吸収スペクトル（または反射スペクトル）を測定し、それらのピーク形状より青色染料の同定を試みた。測定した4枚の奈良絵本断片A、B、C、Dは、それぞれ伊勢物語第106段「竜田川」(Fig.1)、第14段「くたかけ」、第51段「菊」、第3段「ひじき藻」を題材に描かれていると推測できる。今回測定した資料4点は、京都の古美術取扱店である思文閣出版から購入し、貞享(1684～1687)・元禄(1688～1704)期製作と鑑定されている。奈良絵本より切断され、民家の襖絵として使用されていた時期があり、裏面に文字の描かれた紙が当てられている。作品の質としては、中の上程度であり、裕福な商家の花嫁道具の一つとしてととのえられた可能性が高い。

Fig.1 奈良絵本断片Ａ「竜田川」

3.結果と考察

奈良絵本断片の蛍光X線スペクトルを測定した。まず種々の彩色箇所について点分析(測定時間:100s) (Fig.2)を実行し、使用されている顔料を特定した。その後、その彩色箇所を含む任意の範囲を選択し、面分析により元素分布を明らかにした。赤色系顔料は、着物やもみじなどに用いられており、HgとPb(共にLα線、Lβ線を確認)が検出された。目視で赤色と判断できた全ての彩色箇所でHgとPbの2元素が確認された。しかし、それぞれの質量濃度はかなり異なり、最も高いHg質量濃度(%)を示したポイントでは、Hg:62.15 Pb:26.65となった。2種の顔料によって混色されているため、蛍光X線分析のみで顔料の特定が困難である。そこでポータブル複合X線分析XRDFを用いてX線回折パターンも同時に測定した(Fig.3)。その結果、朱HgSと鉛丹Pb_3O_4の混色によって描かれていることが明らかになった。また、画面上部の雲霞に用いられている金色部分について、測定ポイントにより金Auの濃度に大きな差(3.0～20.5[%])があり、大きさの異なる金箔や金泥などが用いられたことによるムラが認められた。このことから、補修の際に追加されたものである可能性が高い。その他、用いられた色材についてTable 1にまとめた。これらの同定は、検出された元素、ならびにその色調と江戸時代に流通していた主要な顔料などを基に判断した。また、染料については測定ポイントごとに特徴的なスペクトルが得られているが、現在のところ同定には至っていない。

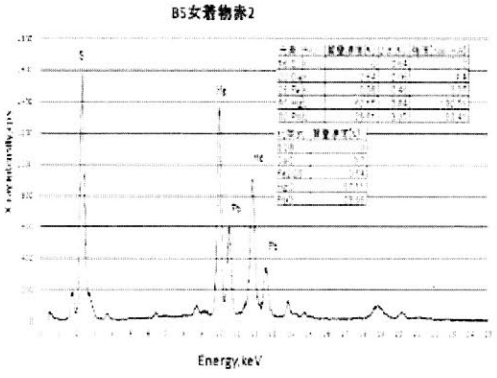


Fig.2 赤色彩色部分の点分析結果

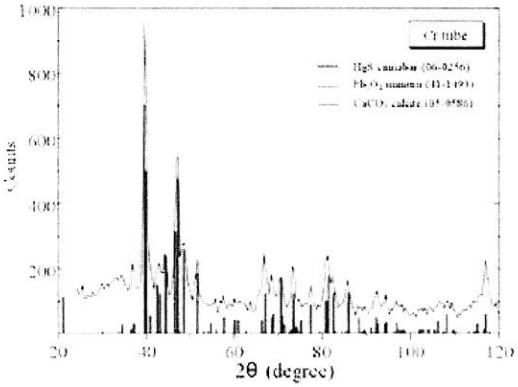


Fig.3 赤色彩色部分のXRDF測定(XRDデータ)

Table1 使用された色材のまとめ

	顔料(染料)	測定ポイント
赤色	辰砂(HgS)と鉛丹(Pb_3O_4)の混色	赤色の着物、もみじ、着物の柄
橙色	鉛丹(Pb_3O_4)	橙色の着物、もみじ、鳥の頭部
緑色	岩緑青$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	壁、緑葉、着物の模様
青色	染料	川の水
水色	染料	水色の着物、履物、壁の一部
金	金箔または金泥(Au)	雲形(上下)
茶色	酸化鉄を主成分とした黄土	岩、土
白	胡粉($CaCO_3$)	顔、壁、着物、履物
黒	墨	着物の模様、人物の縁取り

脂質分析から観えてきた青森県今津遺跡出土縄文土器の用途

Determination of the use of Jomon pottery, excavated from Imazu Site, Aomori Prefecture, using lipid analysis

○堀内晶子(国際基督教大学)、宮田佳樹(金沢大学)、上條信彦(弘前大学)

1. はじめに

亀ヶ岡文化圏にある今津遺跡は、津軽半島の東海岸北部、陸奥湾に面した青森県東津軽郡外ヶ浜町に位置する縄文晩期の製塩遺跡であり、大洞C2式の深鉢、浅鉢、皿、壺、製塩土器、注口土器、香炉形土器などが出土している(1)。そのなかで壺は、未だに用途が不明である。そこで、土器に残留する脂質の種類や割合を調べて脂質の由来を考察し、残留脂質分析から土器の用途を検討することにした。分析試料は壺の他に、調理用と考えられる深鉢と、海水または鹹水を加熱濃縮して塩を析出させるために使われたと考えられる製塩土器を同時に分析し、比較対象試料とした。

2. 試料及び実験

試料は、壺の胴部(IZ-J26, IZ-J159)、製塩土器の口縁部(IZ-S48, IZ-S382)及び深鉢(IZ-DP1, IZ-DP3, IZ-DP4, IZ-DP5, IZ-DP7)を用いた。IZ-DP1 内部には黒変や炭化物が認められないものの、土器外部に多量の、煮こぼれによると考えられる層状の炭化物がみられたため、別途、外部炭化物(IZ-DP1C)を分けとり、試料とした。すでに報告されている分析方法(2)に基づいて表面を薄く削り取った後粉砕し、クロロホルム:メタノール=2:1 を用いて脂質を抽出し、トリメチルシリル化後、ガスクロマトグラフ質量分析(GC−MS)法を使って分析した。(GC-MS の分析条件:Finnigan TRACE GC-MS (TheromoQuest), カラム:HP-1 50 m x 0.32 mm x 0.17 μm, 初期温度:50℃で 2 分間維持, 300℃まで 10/min で昇温, 15 分間維持)。

3. 結果と考察

分析結果の特徴は、土器の器類によって、脂質の種類の分布がはっきりと異なっていたことである。図1に例として壺(IZ-J159)、製塩土器(IZ-S382)、深鉢(IZ-DP7)の GC-MS のクロマトグラムをしめす。

壺と製塩土器に残留していた脂質は類似しており、絶対量が非常に少なく(内部標準物質との比較)脂肪族アルコール類が主で、脂肪酸類は検出されてもわずかであった。この傾向は、脂肪酸類が主な脂質であったこれまでの遺跡出土土器に残存していた脂質の分析結果 (3) としては極めて珍しく、食材に含まれている脂質分布(脂肪酸が主な脂質)と大きく異なっていた。実際に我々が海藻を繰り返し塩水に浸して作った鹹水を用いて塩を造った実験製塩土器から抽出した脂質は、脂肪族アルコールが主で脂肪酸はわずかであった(未公開データ)事から、壺に残留していた脂質は食材由来ではなく、海水・海藻由来と推測できる。この結果は、考古学的には用途が不明であった壺が、製塩に使う鹹水を造るために使われた可能性を示唆している。

一方、深鉢から回収された脂質には主に脂肪酸類が検出され、脂肪族アルコール類は微量しか含まれていなかった。脂肪酸は特に C16:0、C18:0(Cx:y、x=炭素数、y=不飽和結合数)の残存が著明で、

海洋性生物に多く含まれている炭素数 26 までの超長鎖脂肪酸（VLCFA）も検出された。また、IZ-DP5 を除くすべての試料から主に動物性脂質に含まれている cholesterol が微量確認されたが、植物性 sterol 類は検出されなかった。さらに、IZ-DP7 からは、海洋性動物のバイオマーカーの一つとされている pristanic acid が検出された。以上の結果から、深鉢は海洋性生物の調理に使用された事を示唆している。IZ-DP1 の外部表面からかき取った炭化物 IZ-DP1C からも炭素数 28 までの VLCFA と、cholesterol が検出されており、海洋性生物の煮炊きによる吹きこぼれ炭化物であることを支持している。なお、二重結合を含む長鎖脂肪酸及び VLCF が加熱された際に生成し、海洋生物由来とされている ω-(o-alkylphenyl)alkanoic acids (APAA) (4)は検出できなかった。炭化物は確認されているので、加熱調理されていることは確かと思われるので、加熱温度が高いため APAA が分解されてしまった可能性がある。

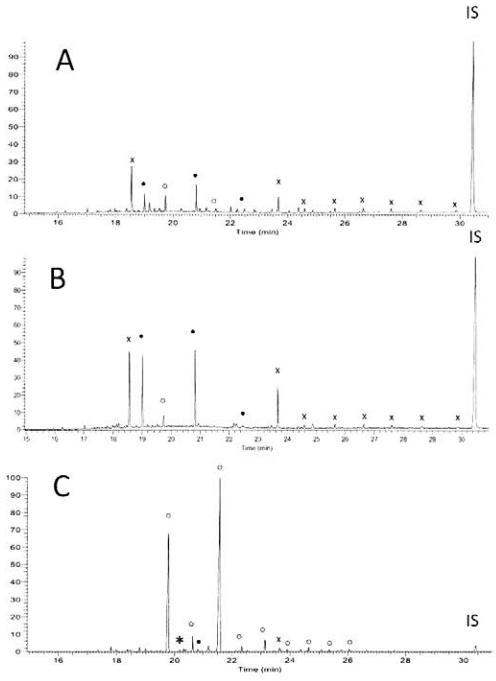


図1. 3種類の今津遺跡出土土器から抽出された脂質のトリメチルシリル化後の部分クロマトグラム。A：壺（IZ-J159）、B：製塩土器（IZ-382）。C：深鉢（IZ-DP7）。ISは内部標準物質のtetratriacontane，○は脂肪酸，●は脂肪族アルコール，＊はpristanic acid，Xは混入物（プラスチック等の可塑剤及びポリシラン由来），GC-MSの分析条件：Finnigan TRACE GC-MS (ThermoQuest)，カラム：HP-1　50 m x 0.32 mm x 0.17μm，初期温度：50℃で2分間維持，300℃まで10/minで昇温，15 分間維持。）

4．　まとめ

今津遺跡から出土した壺、製塩土器、深鉢の残留脂質を分析した結果、用途不明であった壺は製塩過程で用いられる灌水を作る、あるいは入れた容器である可能性を示唆した。また、深鉢は海洋性生物を煮炊きしたと推測され、残存脂質分析から土器の用途を検討することができた。

参考文献

1. 藤沼邦彦，関根達人，蔦川貴祥，向出博之，小向良，深見嶺，横山寛剛，秋山真吾、青森県東津軽郡平舘村今津遺跡発掘調査報告書：津軽半島東沿岸部における亀ヶ岡文化の遺跡、弘前大学人文学部日本考古学研究室研究報告. 2, 2005

2. C.Heron and R. P. Evershed, The Analysis of Organic Residues and the Study of Pottery Use, *Archaeological Method and Theory*, 5, 1993, 247-284.

3. a.宮田佳樹,堀内晶子,南　雅代,中村俊夫, Richard Evershed,「礼文島浜中 2 遺跡出土土器の脂質分析」,日本文化財科学会第 29 回大会,京都大学, 2012.　b.宮田佳樹,堀内晶子,中村賢太郎,黒沼保子,増山禎之,南　雅代,「土器残存有機物を用いた縄文時代後晩期、渥美半島地域の食性復元」,日本文化財科学会第 29 回大会,京都大学, 2012.

4. F.A. Hansel, M.S. Copley, L.A.S. Madureira, R.P. Evershed, Thermally produced ω-(o-alkylphenyl)alkanoic acids provide evidence for the processing of marine products in archaeological pottery vessels, Tetrahedron Letters, 29, 2004, 2999–3002.

津波堆積物の観察方法について
－宮城県岩沼市高大瀬遺跡での観察を基に－
Observation technique of the tsunami deposit
–Based on observation in the Takaohse site-

○渡辺正巳（島根大学汽水域研究センター）、川又隆央（岩沼市教育委員会）
○ WATANABE Masami（ Res. Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane Univ. ）,
KAWAMATA Takahisa（ Iwanuma city Board of Education ）

2011 年（平成 23 年）3 月 11 日（金）に発生した東北地方太平洋沖地震以降、津波堆積物に対する関心が高まりを見せている。一方、津波堆積物に関する研究は以前から行われており、七山・重野（2004）によれば 1960 年 5 月 22 日（現地時間）に発生したチリ地震由来のチリ地震津波以降、津波襲来後に生じる土砂移動の記載が、世界的に行われるようになったようである。邦文では今野編（1961）が先がけの一つであり、浸食および運搬の過程から、津波堆積物を 7 種類に分類しているほか、津波堆積物中の有孔虫、珪藻の記載が行われている。また、北海道南西沖地震（1993 年 7 月 12 日）では、佐藤ほか（1993）により、津波堆積物の分布と特徴が記載され、分布範囲と堆積物の種類から大きく 3 つに区分されている。何れの調査でも、津波堆積物の移動距離はさほど大きくなく、最低汀線高度よりも高い位置に分布する砂州や砂丘などが供給源と考えられている。また、佐藤ほか（1993）は、10m を超えるような津波遡上高を実測した地域で幅 50m を超えるような広範な津波堆積物が認められたと報告している。

一方、過去の津波堆積物を判定した研究には、青森県の十三湖湖底堆積物（箕浦ほか, 1987）や、北海道春採湖湖底堆積物（七山ほか, 2001）を対象とした研究がある。箕浦ほか（1987）は、十三湖湖底に残るイベント堆積物（泥層に挟まれる中粒砂と海水由来と考えられる元素の高濃度部の重なり）と記録に残る津波を対比した。また七山ほか（2001）は春採湖に残るイベント堆積物の性格を明らかにし、津波が沿岸湖沼に流入した場合に生じる堆積物の特徴とした。陸上に残る津波堆積物の研究例として、仙台平野を対象とした澤井ほか（2006）の研究がある（澤井ほか（2006）の研究は、澤井ほか（2007）、澤井ほか（2008）と続き、Sawai et al.（2012）として最終的にまとめられた。）。Sawai et al.（2012）では、5 層の津波堆積層を確認した。また、To-a 火山灰層と 14C 年代測定結果との関係からこれらの一つを貞観津波（869 年）と特定し、貞観津波の上位の 2 層が享徳津波（1454 年）、慶長津波（1611 年）の痕跡である可能性を指摘した。

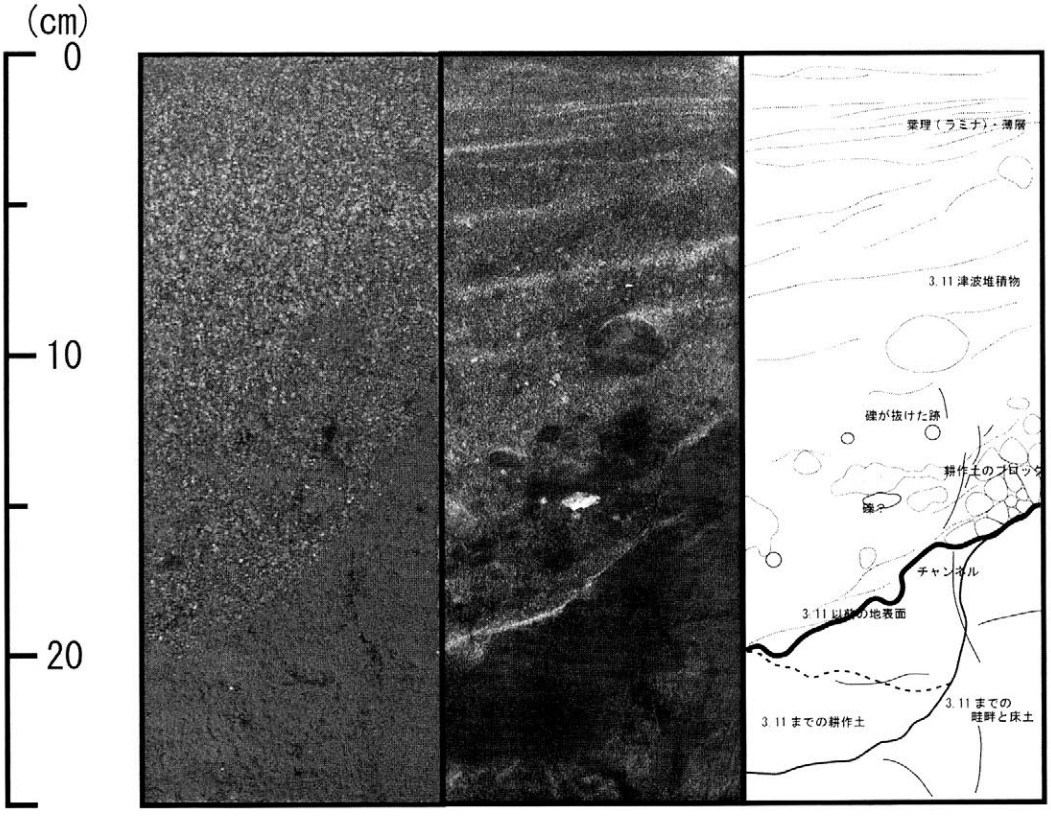
仙台平野では阿部ほか（1990）が貞観津波の分布を推定したことに始まり、沼田遺跡、下増田飯塚古墳群で貞観津波に対比される堆積物が、沓形遺跡や荒井広瀬遺跡などでは更に古い弥生時代の層準に津波堆積物が確認された（斎野, 2013）。さらに今回報告する岩沼市高大瀬遺跡では、東北地方太平洋沖地震津波の下位に慶長津波、貞観津波に対比

できる可能性がある砂層が発見された。

津波堆積物の観察、判定については現地での観察が重要であり、七山・重野（2004）や藤原（2004）が示した基準や、それ以前の現世津波堆積物の記載に従う必要がある。しかし従時間的な制約もあり、限られた物になることが多い。今回の調査では大規模な剥ぎ取り標本を採取したほか、軟X線写真を撮影し、現地での観察とは別な視点での資料を残すことができた。今回の講演では、限られたスペースではあるが、これらの資料を提示する。

参考文献

阿部　壽ほか（1990）地震 2, 43, 513-525.　斎野裕彦（2013）考古学研究会第 59 回総会研究集会調査報告資料.　佐藤比呂志ほか（1990）活断層研究, 12, 1-23. 澤井祐紀ほか（2006）地質ニュース, 624, 36-41.　澤井祐紀ほか（2007）活断層・古地震研究報告, 7, 47-80.　澤井祐紀ほか(2008)活断層・古地震研究報告, 8, 17-70.　Yuki Sawai et al.（2012）Geophysical Research Letters, 9 NOV 2012, DOI: 10.1029/2012GL053692.　七山　太・重野聖之（2004）地質学論集, 58, 19-33.　七山　太ほか（2001）活断層・古地震研究報告, 1, 233-249.　藤原　治（2004）地質学論集, 58, 35-44.　箕浦幸治ほか（1987）地震 2, 40, 183-196.



法勝寺八角九重塔の支持地盤

Foundation ground for supported nine storied octagonal pagoda "*Hakkaku-kuju-no-tou*" of Hosho-ji Temple in Kyoto, Japan

○小野映介（新潟大）・河角龍典（立命館大）・柏田有香（京都市埋蔵文化財研究所）

摘要

京都市埋蔵文化財研究所が 2010 年度に実施した法勝寺八角九重塔跡の発掘調査の際に，塔を支持する地盤についての調査を行った．浅層部は主に風化花崗岩の堆積物（マサ）からなるが，その下位からは AT 火山灰層と細粒堆積物層が検出された．塔は礫を主体とした改良地盤によって支えられているが，地盤の改良は AT 火山灰層下位の更新統に達している．このことから，塔は軟弱な風化花崗岩の堆積物を掘り込み，地耐力が比較的高い更新統と改良地盤によって支持されていることが明らかとなった．

1．法勝寺八角九重塔の立地環境

法勝寺八角九重塔は永保三年（1083）に落慶供養が行われたが，承元二年（1208）には落雷により焼失，建保元年（1213）に再建されるが，歴応五年（1342）に再び火災により焼失し，以後再建されることはなく「塔の壇」のみが昭和二十一年（1946）まで残った（京都市埋蔵文化財研究所，2011）．

(1) 地形

法勝寺は京都盆地の東縁，現在の京都市動物園付近に位置する．当地域は東山から流れ出す白川や桜谷川によって形成された扇状地の扇端部に相当し，0.5/100m程度の緩やかな傾斜が認められる．寺域の現標高は 49~52mである．空中写真や DEM の判読によると，動物園南部を東西方向に流れる琵琶湖疏水沿いには，扇状地を下刻する旧河道跡が確認できる．

(2) 地質

東山の地質は桜谷川付近を境に大別され，北部は主に白亜紀後期の花崗岩（新期領家花崗岩類），南部はジュラ紀中-後期の付加コンプレックスからなる．また，山麓の一部や吉田山のような孤立丘陵は前期更新世の堆積岩からなる．

法勝寺周辺の扇状地をかたちづくるのは，東山から河川を介してもたらされた風化花崗岩やチャートなどである．

2. トレンチ調査結果

1 区では近・現代盛土を 0.1m～0.6m掘り下げると八角九重塔跡の掘込地業（掘削穴に礫

と粘土を埋め，版築を行っている）の検出面となる（京都市埋蔵文化財研究所，2011）．ただし，1区南北断割断面の一部（北緯：35° 00′ 45.68″ ・東経：135° 47′ 10.31″ ）では掘込地業の影響を受けていない「自然堆積層」が残されていた．筆者らは，この断面の幅1m，深さ1.56m（標高48.04m～49.60m）を対象として堆積物の観察を行った．

層相は下位より，①有機質細粒シルト層（標高48.04～48.11m），②火山灰層（標高48.11m～48.22m），③有機質を少量含む細粒シルト層（48.22m～48.26m），④火山灰を多く含む粗粒シルト（48.26m～48.32m），⑤火山灰を多く含むシルト～極細粒砂（48.32m～48.40m），⑥粗粒砂～細礫層（48.40m～48.65m），⑦火山灰を多く含むシルト～極細粒砂層（48.65m～48.67m），⑧粗粒砂～細礫と中粒砂～細礫の互層（48.67m～49.05m），⑨上部が細粒砂で下部が小礫の級化構造を呈する層（49.05m～49.60m）に区分できる．

このうち，②火山灰層について重鉱物および軽鉱物組成，火山ガラスの屈折率測定により，火山灰の同定を行った．同定は株式会社パレオ・ラボに依頼した．

試料の重液分離を行った結果，軽鉱物の割合が99.5%と高く，重鉱物の割合は0.49%であった．軽鉱物の割合は火山ガラスが97.50%と圧倒的に多い．形態分類ではバブル型平板状ガラスが最も多かった．火山ガラスの屈折率測定では，主にバブル型の試料を測定し，範囲は1.4989-1.5003の狭い範囲に集中した．平均値は1.4997であった．したがって，②火山灰層は純層火山灰であり，その特徴から姶良Tnテフラ（AT）と同定された．

3. 八角九重塔の支持地盤に関する考察

AT火山灰は南九州の姶良カルデラの噴火を起源とし，降灰年代は30,009±94 yrs BP（中川・水月湖2006年コアプロジェクトメンバー 2013）とみられている．したがって，少なくとも②層より下位は更新統と考えられる．また，その上位にもATの二次堆積層（④層・⑤層・⑦層）が認められ，これらも降灰からそれほどの間隙を置かずに堆積したものと推定される．塔の掘込地業層は上述の②層の下位にまで達している．浅部の⑧層と⑨層は主に風化花崗岩の堆積物（マサ）からなる．周辺の地質資料からは，同層の地耐力は10以下を示す場合が多い．一方で，それより下位の層準は相対的に高い値を示す．

すでに，三村（2011）によって掘込地業による支持力の効果についての研究成果が示されているが，本調査の結果からは，掘込地業による地盤強化に加え，深度1.5m以上の掘込地業が地耐力の高い更新統にまで達することによって支持効果が増し，80mを超す巨大な塔の建立を可能にしたと考えられる．

【引用文献】

京都市埋蔵文化財研究所 2011．法勝寺跡．京都市埋蔵文化財研究所編『京都市内遺跡発掘調査報告　平成22年度』京都市文化市民局．64-121.

中川　毅・水月湖 2006．コアプロジェクトメンバー（2013）水月湖クロノロジーに基づいた，いくつかの広域テフラの精密な年代決定．日本第四紀学会講演要旨集 43，132-133.

三村　衛 2011．法勝寺八角九重塔の基礎地盤の力学と支持力特性．京都市埋蔵文化財研究所編『京都市内遺跡発掘調査報告　平成22年度』京都市文化市民局．182-186.

熱分解－GC/MS 法とクロスセクション法を用いた琉球漆器の分析

Identification and characterization of Ryukyu lacquer-ware by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry and cross-section microscopy analysis.

山府木碧[1]、本多貴之[1]、宮里正子[2]、○宮腰哲雄[1]（明治大学理工学部[1]・浦添市美術館[2]）

1. 諸言

琉球は中国大陸・日本・東南アジアに近接するという位置関係から様々な文化や技術の影響を受けたであろうことは想像に難くない。それは漆器にも言えることである。琉球漆器の研究の中で、日本及び中国産漆の主成分であるウルシオールとは異なるラッコールを主成分とする、ベトナム産のいわゆるアンナン漆が琉球漆器に使用されていることが報告されている[1]。

今回は熱分解−GC／MS ガスクロマトグラフィー／質量分析法とクロスセクション法分析から得た結果を報告する。

2. 分析試料

対象としたのは 17 世紀のものとみられる朱漆花鳥蝶密陀絵漆絵膳である(Fig.1)。入隅の膳で、全体に素地の縮みが原因と思われる断文を生じている。表面が朱漆塗で、鍔は箔粉梨子地、縁は白檀塗りとそれぞれ異なる技法で塗られており、鍔側面は緑漆、底面は黒漆で塗られている。見込みと高台の破損部分から試料を採取した。

Fig.1 朱漆花鳥蝶密陀絵漆絵膳

3. 結果と考察

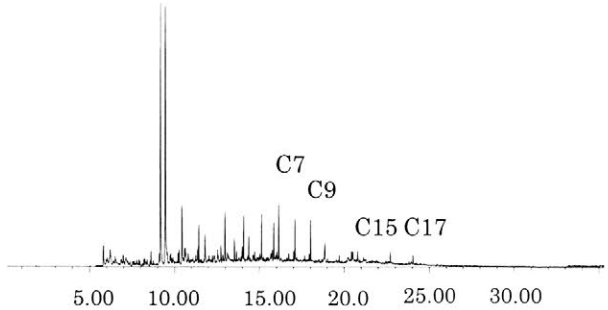


Fig.2 Py-GC/MS: m/z 108 extracted ion pyrogram

熱分解−GC／MS 法で分析した結果、漆膜中のウルシオールの重合物が熱分解して得られる 3−ペンタデシルフェノール(分子量 304、C15)と 3−ヘプチルフノール(分子量 198、C7)が確認された。また漆膜中のラッコールの重合物が熱分解して得られる 3−ヘプタデシルフェノール(分子量 332、C17)と 3−ノニルフノール(分子量 226、C9)が確認され

た(Fig.2)。これらのことからこの膳には日本や中国産の漆だけでなくベトナム産の漆が使われていることが分かった。

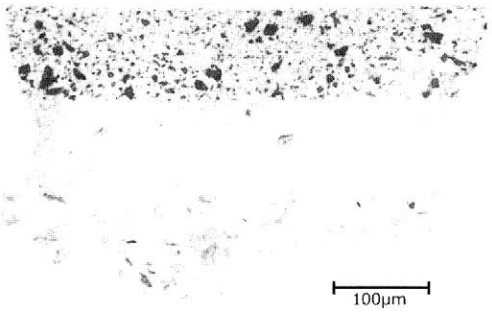


Fig.3 Cross-section of the red lacquer

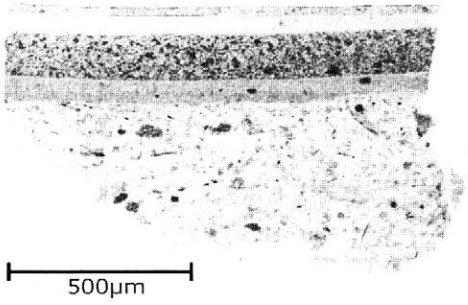


Fig.4 Cross-section of the gold on red lacquer

次いで元素分析とクロスセクションを行い、顔料の成分や層構造の把握を試みた。その結果、下地の上に漆層が1層あり、その上に顔料(辰砂)が混和された漆層が塗られていたことがわかった(Fig.3)。これらの層の上に密陀絵の部分には色漆が1層塗られている。しかし密陀絵以外の箇所にも層の数が異なる部分があった。例えば箔が置かれている部分はさらに1層の漆層と少量の顔料(石黄)が混和された層が塗られてから箔が置かれている(Fig.4)。また辰砂層の上に塗られた漆層は辰砂層の下の漆層よりも透明度が高い。顕微鏡観察を行うと、下の漆層には水滴状の微粒子が全面に分散しており濁っているが、上の漆層にはほとんど微粒子が認められなかった。京都造形芸術大学の岡田文男は、ラッコールを主成分とするアンナン漆の塗膜の断面には微粒子が全面に分散していると報告している [1]。このことや熱分解の結果から塗る箇所やその目的によってアンナン漆とそうではない漆を使い分けていた可能性が指摘できる。

高台部分から採取した試料のクロスセクションを見ると、木質部と繊維があり、布着せがあることがわかる(Fig.5)。繊維は苧麻であり、布着せの上に下地を施し、黒い層を塗ってから漆層を 1 層塗っている。この漆層には微粒子は見られず、日本または中国産の漆である可能性が高い。

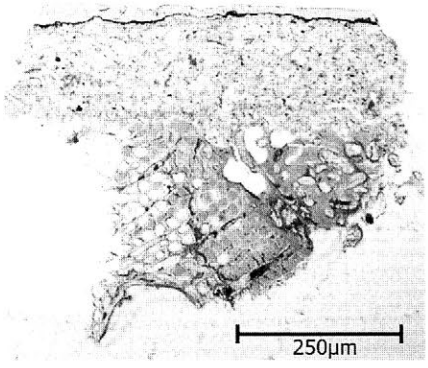


Fig.5 Cross-section of the lacquer obtained from a leg

4. 結言

今回はクロスセクションと熱分解−GC／MS 法を軸に分析を行った。その結果①日本または中国産の漆とベトナム産の漆が使われている②加飾によって塗りの回数や漆を使い分けている可能性がある③布着せは苧麻であることなどが分かった。今後もX線CT、樹種同定など出来る限りの分析を行い、その構造や材料、技法などを明らかにすることを目的に研究を続ける。

引用文献

1) 岡田文男、塗膜分析よりみた琉球漆器の特性と琉球漆器編年の再構築の可能性、明治大学学術フロンティア推進事業『次世代機能材料「漆」の高度利用に関する学際的研究』論文集、2012 年 1 月(明治大学バイオ資源科学研究所発行)

航空レーザ計測を用いた文化財の記録
3D LIDER imaging for cultural properties

○岡本篤志（大手前大学史学研究所）、魚津知克（同）
中井淳史（兵庫県立大学大学院）、遠藤孝浩（中日本航空株式会社）

はじめに

既存の測量で、樹木に覆われた山間部の遺構や古墳など、地形細部の形状を取得することは、困難である。本研究所は、2008年より中日本航空株式会社の協力のもと、全波形解析型レーザ計測器を搭載した回転翼機にて遺跡・古墳・山城の三次元計測を行っている。この計測方法で、樹木に覆われた地上面を高密度に微地形データを取得することが可能となり、遺構と思われる痕跡を視覚化することに成功した。広範囲における遺構調査において、航空レーザ計測は、有効な技術であることが実証された。

地形情報の提示においても、新たな提示方法を提案し、RS図を用いることによって地形起伏を鮮明化し、遺構や造作物を観察しやすくした。また、発掘調査図面と合成による、地形と発掘情報の可視化や立体模型の作成など、調査を補助するための、新たな資料を提供できるようになった。

航空レーザ計測

航空機に、GPSと慣性計測装置(IMU)・走査式レーザ距離装置・高精細カメラを搭載し、航空機の位置・姿勢を正確に得ながらレーザを照射して距離を測定している。本計測では、全波形解析型レーザ計測器を搭載した回転翼機を用いている。

全波形解析型レーザ計測器は、レーザ発射パルスから得る反射光の波形を全て記録し、必要とする反射情報を得るものである。従来の計測器では、ファースト・中間・ラストの3種類のパルスのみを記録していたが、本方式では、パルス解析することで、無制限の位置情報を得ることができる。レーザの進行方向の分解度が高く、従来のレーザ計測器では難しかった、高密度なデータの取得や植生の影響が少ないデータを得ることが可能となった。(図1参照)

パルスを解析し、樹木・人口構造物をフィルタリング処理した数値標高モデルDEM(Digital Elevation Model)を作成している。本研究の計測データは、50cmメッシュ、地図情報レベル500（相当縮尺1/500）の精度を満たす数値標高データから、図化などの作成を行っている。

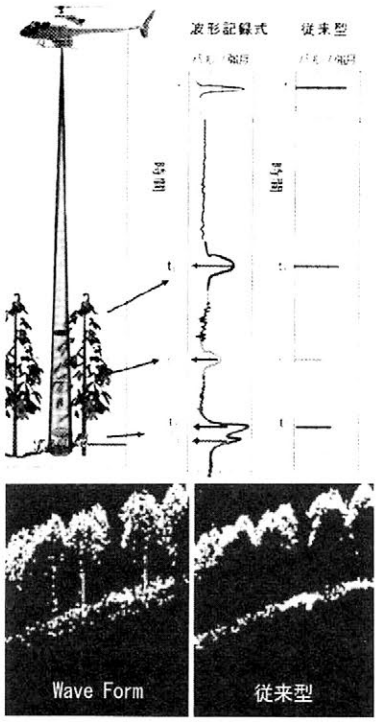


図1：従来型との比較
提供：中日本航空株式会社

計測一覧

計測年月	所在地	計測対象	計測範囲	対地高度	計測時間
2008年11月	兵庫県高砂市	竜山石切丁場跡	1.8 km²	300m	29分
	兵庫県猪名川町	多田銀銅山			11分
2011年3月	兵庫県姫路市	円教寺	3.0 km²	300m	9分
2012年3月	兵庫県朝来市	池田古墳	2.24km²	700m	25分
		竹田城			
2013年3月	兵庫県たつの市	城山城	5.14 km²	600m	50分

作図と応用表現

計測したデータから、面データ（ポリゴンモデル）を作成したのちに作図した。利用目的に応じて、等高線図、陰影図、段彩図、RS(Radiance Scaling)図を作成した。等高線図は、道路・建物を併記や過去の発掘図面を併記するなど必要に応じた作図行っている。今回は、CG レンダリングに用いられる Radiance Scaling を用いることで、陰影図では観察できない、凹凸の表現を鮮明化することを試み、微地形を表現することができた。

作図は、立体情報を平面情報に置き換える作業である。立体情報を表現する方法として、ホログラムプリントと簡易 3D プリンタを用いた立体模型を作成し、平面情報では得にくい、立体情報の表示も試みている。

文化財への応用・調査

従来、山城や山岳寺院における遺構調査では、調査者が遺構を探索し略測図を作成する踏査が行われてきた。広大な調査範囲の山林を分け入り遺構を調査することは困難な作業であり、遺構を見落としてしまう可能性もある。2011 年に計測した円教寺では、広大な範囲を地形計測し地形図を作成、既知の遺構や確認が必要と思われる箇所を精査した。踏査が困難な場所における造成地の発見など航空レーザ計測の有効性を実証している。（中井 2013）城山城においても、既存の縄張り図と照合、遺構と思われる箇所を現地にて確認することで、踏査で見落としていた遺構を発見するなど、既存の調査を補完する情報を提供することが可能となった。

ただし、航空レーザ計測も植生が高密度に繁茂した場所（繁茂期や竹藪など）では、計測密度が低くなり十分な地形が得られない場合や、フィルタリング処理の段階で、調査に必要な遺構が削除されてしまう可能性がある。また、近年の造作か、人為的か自然によるものかは、データから判断することは難しい。したがって、航空レーザを用いた調査においては、やはり現地の踏査を行う必要がある。

山城や山岳寺院など広範囲における調査では、航空レーザによる地形確認は有効な調査方法である。さらに従来の調査方法を併用し、レーザ地形図と既存調査資料との比較検証→現地踏査→遺構の略測・縄張り図の作成を行うことで、短期間に効率的な踏査を行い、より詳細な資料を提示することが可能になる。

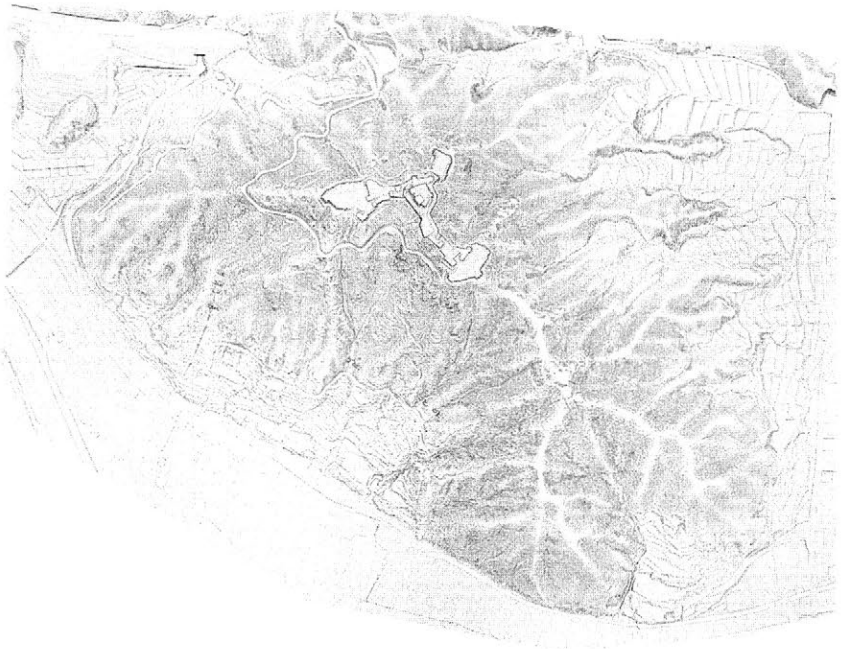


図２：朝来市　竹田城三次元データ　ＲＳ図

参考文献：中井淳史ほか『播磨六箇寺の研究Ⅰ』大手前大学史学研究所研究報告第 12 号（2013）

本研究は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成事業（平成 22 年～平成 26 年）による成果である。

多視点ステレオ技術を用いた瑞巌寺欄間の三次元形状計測

Three-dimensional shape measurement of a ranma at Zuigan-ji temple using multi-view stereo techniques

○ 渡邉 隆史、運天 弘樹(凸版印刷株式会社)、
酒井 修二、伊藤 康一、青木 孝文(東北大学)、北野 信彦(東京文化財研究所)、
酒巻 仁一、伊奈 仁(文化財建造物保存技術協会)、新野 一浩(瑞巌寺宝物館)、
○ Takafumi Watanabe, Hiroki Unten (Toppan Printing Co.,Ltd.),
Shuji Sakai, Koichi Ito, Takafumi Aoki (Tohoku University),
Nobuhiko Kitano (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Jinichi Sakamaki, Jin Ina (The Japanese Association for Conservation of Architectural Monuments),
Kazuhiro Niino (Zuigan-ji Art Museum)

1. はじめに

文化財の保存や修復、研究の目的のために、三次元形状計測を利用することがある。しかし、従来の三次元計測器の多くは、ハンディタイプの小型な製品であっても、1 台辺り数 kg 以上かつ有線であるため取り回し辛く、文化財の計測には危険を伴う。また、計測距離や範囲、機材の設置等の制限により、計測可能な条件が限られている。

そこで、本報告では、民生品のデジタルカメラのみを用いて、全自動で三次元計測を可能にする多視点ステレオ(MVS)技術の利用を検討した。MVS 技術としては、筆者らの提案する位相限定相関法を応用した技術を用いた[1] [2]。そして、文化財として瑞巌寺の欄間を計測することにより、本 MVS 技術は高精度かつ簡便に三次元形状計測が可能であることを示した。

2. 多視点ステレオ技術

三次元計測器の多くは、レーザーやパターン光を物体表面に照射することで、三次元の距離を求めている。そのため、レーザー照射等の装置が必要となり機器が大型化してしまう。また、レーザーが適切に照射される距離に制限があり、計測可能な条件が限られている。

それに対して MVS 技術は、複数枚の画像間で対応する画素を見つけ出し、三角測量により三次元の位置を求める技術である。計測に必要な情報は画像のみとなるため、デジタルカメラによる計測が可能である。デジタルカメラならば小型・軽量、かつ、レンズを変える事で近距離でも遠距離でも自由に撮影できる。

MVS 技術において高精度な計測を行うためには、対応する画素を高精度に見つけるマッチング技術が重要である。そこで筆者らは、高精度なマッチングを可能にする位相限定相関法を応用した MVS 技術を提案してきた。位相限定相関法は、フーリエ変換した信号の位相成分を用いてマッチングする技術であり、これまでの研究から、他の手法と比較して高精度であることを確認している。

3. 瑞巌寺欄間の計測

図 1 は、計測対象の欄間の写真である。欄間の大きさはおよそ、幅 2400mm、高さ 815mm、厚さ 80mm である。図 2 は、撮影中の様子を示す。撮影は、1.5m～2.0m 離れた距離から、鳳凰にカメラを向けた状態で、複数の方向から撮影した。撮影機材として、カメラにニコン社製の D3 を使用し、光源にはスタンド式の蛍光灯(4 本×2 台)を設置することで、700 ルクス程度の明るさを確保した。

本実験では、欄間の表の面を 131 枚、裏の面を 83 枚撮影した。撮影に要した時間は、表の面が 13 分、裏面が 16 分である。

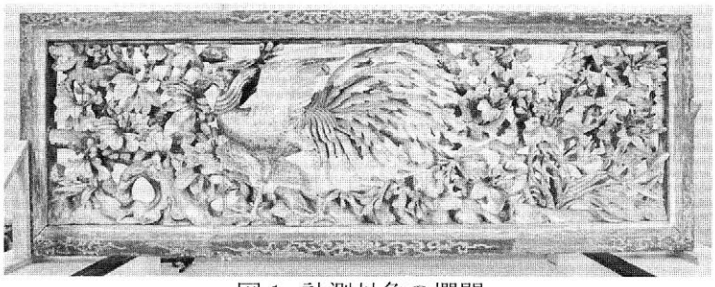


図 1　計測対象の欄間

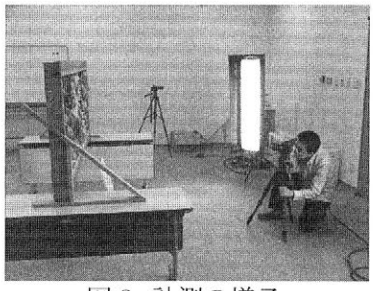


図 2　計測の様子

4. 三次元計測結果

MVS の計算には、撮影した画像のうち、表の面で 25 枚、裏の面で 54 枚を使用した。処理の手順は、(1)手動で撮影画像から使用する画像(ボケやノイズの少ない画像)の選択、(2)表の面と裏の面を、それぞれ MVS を用いて三次元形状復元、(3)手動による表と裏の三次元形状の位置合わせ、(4)位置合わせした三次元形状の統合(一つの形状にするための処理)の 4 段階のオフライン処理からなる。本処理の主要部となる(2)及び(4)は全自動の処理であり、(1)～(4)の総処理時間は、6～7 時間程度である。

図 3 は、復元結果を示す。欄間は凹凸のある入り組んだ形状をしているが、本 MVS 技術により三次元形状が復元できていることが分かる。ただし、尾の裏側については、手前の物体の影となってしまい、撮影の際に写らないため、復元ができず、今後の課題である。

次に、精度評価を行った。真値として、製造分野向けの大型三次元スキャナである ATOS(スペック上の誤差 0.05mm)による計測データを使用した。鳳凰に関しては、およそ 0.3～0.5mm 以内の誤差で復元されており、ハンディタイプの三次元スキャナ(スペック上の誤差 0.5mm 前後)と同等以上の高精度な計測が可能であると考えられる。ただし、MVS は、相対的な大きさしか求めることができない。本実験では、ATOS の計測データを元にスケールを調整しているため、スケールの計測方法も課題として残る。

図 3　多視点ステレオ技術を用いた瑞巌寺の欄間の復元結果
(左:テクスチャ無し、右:テクスチャ有り)

5. まとめ

多視点ステレオ技術を用いて、瑞巌寺の欄間の三次元形状計測を実施した。その結果、欄間のように複雑な形状の対象であっても、デジタルカメラのみを用いて高精度な三次元形状の復元が可能なことを示した。

参考文献

1) S. Sakai, K. Ito, T. Aoki, T. Masuda, and H. Unten, "An efficient image matching method for multi-view stereo," Proc. Asian Conf. Computer Vision, November 2012.
2) 酒井修二, 伊藤康一, 青木孝文, 増田智仁, 運天弘樹, "多視点ステレオのための位相限定相関法に基づく画像マッチングの高精度化," 第 186 回 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会, No. 22, pp. 1--8, March 2013.

新しい接着剤の発掘出土品への使用（2）

Use of the new adhesives for archaeological artifacts (2)

○西村誠治（ナカシャクリエイテブ株式会社）、岩月真由子（岩月保存修復研究所）、赤塚次郎（愛知県埋蔵文化財センター）

○Seiji Nishimura(Nakasha Creative Co., Ltd)、Mayuko Iwatsuki(Iwatsuki laboratory of preservation and restoration)、Jirou Akatsuka(Aichi prefectural archaeological research centre)

1. はじめに

昨年度、日本文化財科学会第30回大会において、新たな発掘出土品用の接着剤であるポタグルーの報告を行った（岩月ほか，2013，日本文化財科学会第30回大会要旨集，28-29)。ポタグルーは元々絵画用メディウムとして（有）うえだ社で開発販売されていたアートグルーを、（有）うえだ社協力のもと発掘出土品用の接着剤として再度調合を行ったものである。

現在ポタグルーは、愛知県埋蔵文化財センターなどで使用されている。ポタグルーの特徴としては、それまで使用してきた有機溶剤系の接着剤と比べ、人体に有害なにおいがなく、作業者の健康面への負荷が少ないとこと、また、粉体顔料用のメディウムという本来の使用用途から、土器などの粒子体への適合性が高いこと、さらに流動性の高い液体であるため、接着剤自体の厚みが発生しにくいため、接合時のズレが少ないということがあげられる。また、日本文化財科学会第30回大会において発表したとおり（西村ほか，2013，日本文化財科学会第30回大会要旨集，134-135)、完全硬化時の強度において、それまで広く一般的に使用されてきた有機溶剤系の工作用接着剤よりもまさっていることも特徴としてあげられる。

このような利点がある一方で、ポタグルーは前述の通り有機溶剤を使用しないため、それまでの有機溶剤系の接着剤と比べると、溶剤となる水分が揮発するまでの、初期の接着力や粘着力が弱いという難点があった。そのため、接合面が少ない場合や、接合部分の摩耗が激しい場合などについては、接着に高い技術を要する場合があった。このような場合、これまでは増粘剤などを使用して、ポタグルーの粘性を高めることで対応をしてきたが、この対応は実際の初期接着力を高めているわけではないので、それほど作業効率が上がらないことが問題であった。

今回、上記の問題に対して、新たにシート状のポタグルー「ポタリボン」を開発した。本発表では、ポタリボンの特性と、実際に適用を行った資料の報告を行う。

2. ポタリボン特性

ポタグルーは液体で使用する接着剤である。流動性が高く、硬化時に厚みが減じる状況で接着されるため、土器接合においてずれが少ないことが利点であった。

対してポタリボンはシート状であり、市販の両面テープのように使用する接着剤である。ポタリボンはポタグルーを一定の条件下で一旦薄く硬化させたもので、基本的な成分および特徴はポタグルーと同様である（写真1)。ポタリボンの厚さはおよそ0.3ミリで、使用の際は破断面に合わせてカットし、少量の水分を含ませることで接着することが可能である。ポタリボン

は水分を含むことで、本来の接着力を発揮するとともに、破断面の凹凸に合わせて変形するため、破断面同士を圧着することにより、十分な接着力が発揮される。また、余分な水分を極力減らしているため、硬化時間も短くすることができ、接着点の少ない部位や、独立して垂直面からつきだしている部位などに適用する効果が高いと考えられる。

3. ポタリボンの実資料への適用

今回、ポタリボンを埴輪資料（写真2）に対して使用を行った。使用を行った部位は写真3に示す接合箇所が少なく摩耗の激しい部位および、写真4のような平面に垂直に突き出した部位である。その他の箇所においては、通常のポタグルーを用いて接着を行った。

通常のポタグルーで写真3および写真4のような部位を接着する場合、破片の自重がかかるため、固定圧着が難しい。今回、ポタリボンを併用することにより、安全に接着を行うことができた。

現在このポタリボンを併用した埴輪は展示中であるが、今後、ポタグルー同様ポタリボンについても経年変化や環境による変化について検討を加えていくとともに、実際の作業上生じる問題点についてもさらに検討を加えていく予定である。

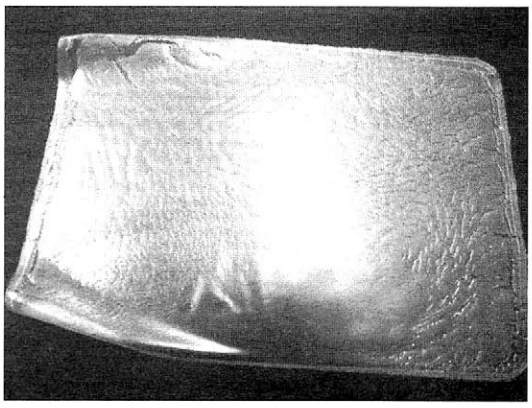


写真1. ポタリボン

写真2. 対象埴輪

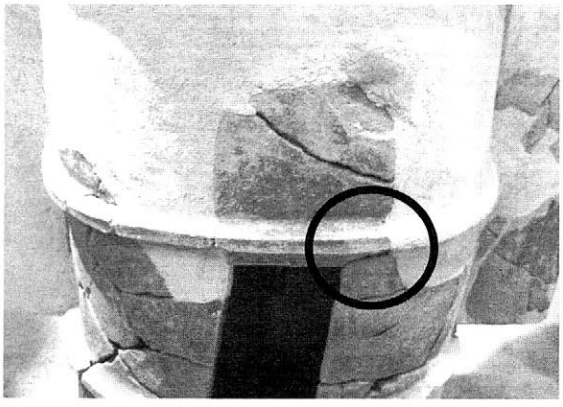


写真3. 接合箇所が少ない

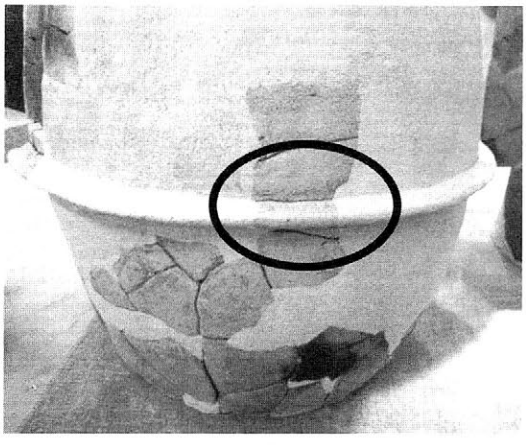


写真4. 突帯部分

間欠撮影の実用性
Practicality of intermittent photography

○伊藤広宣，山路しのぶ，山村健生(㈱文化財保存活用研究所)，山路康弘(別府市立鶴見台中学校)，森井順之(東京文化財研究所)，豊田徹士(豊後大野市教育委員会)

○Hironobu Ito, Shinobu Yamaji, Kensei Yamamura(The Institute for Conservation and Use of Cultural Heritage, Oita Co., LTD), Yasuhiro Yamaji(Beppu municipal Tsurumidai junior high school, Beppu City), Masayuki Morii, (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo) and Tesshi Toyoda(Board of Education, Bungoono City)

1．はじめに

文化財の保存や修復方法を検討する参考資料として、過去と現在を比較するために、写真が使用される。蓄積した写真からは文化財の経年変化を知り、文化財の劣化状況やその原因を推測することができる。しかし、一般的なカメラで定期的に継続して撮影することは作業的負担が大きく、特に屋外文化財などは周辺環境に影響されやすいため、変化が不規則であり、それをピンポイントで撮影することは困難である。これら記録作業の問題の解決方法として、定点カメラによる間欠撮影があげられる。今発表では屋内外で定点カメラによる間欠撮影をおこなった事例をもとに、間欠撮影の実用性について述べる。

2．屋外における間欠撮影事例(大分県豊後大野市所在「菅尾磨崖仏」)

大分県豊後大野市に所在する菅尾磨崖仏(重要文化財・国史跡)では現在掛けられている覆屋の老朽化が問題となっている。そのため、平成24年度から覆屋建替えに向けて、保存に適した覆屋を検討するための環境調査がおこなわれている。その一環として、以前から確認されていた石仏本体が濡れる原因を調査するために(写真１)、2013年８～９月の間、10分間隔で薬師如来坐像周辺の間欠撮影をおこなった[※1]。その結果、壁面が濡れる原因が降雨時に壁面を流れる水と結露の二種類であることが確認できた(写真２～４)。降雨時の流水を間欠撮影でとらえた日は、大分気象台犬飼観測所の記録で、降水量が40mmを超えていた。また、流水箇所は以前から他の壁面より着生生物の繁茂が著しい箇所と重なるため、降雨時の流水が着生生物の繁茂の要因だと判明した。次に、結露は９月 28～29 日の間で発生が確認できた。間欠撮影と並行して測定をおこなってい

写真１　壁面濡れ状況

写真２　通常時

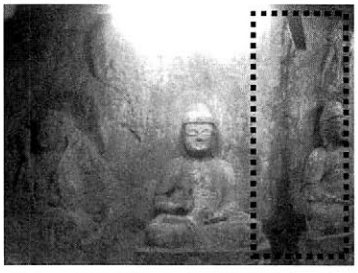


写真３　水漏れ時

写真４　結露時

た覆屋内温湿度および岩石表面温度調査結果から（図１）、この間は深夜時の温度低下がなく、覆屋内温度が岩石表面温度よりも高くなっていたことが判明した。また、降雨の影響で空気中の水分量が増え、覆屋内の露点温度が上昇していた。その結果、壁面全体で結露が発生したと考えられる。

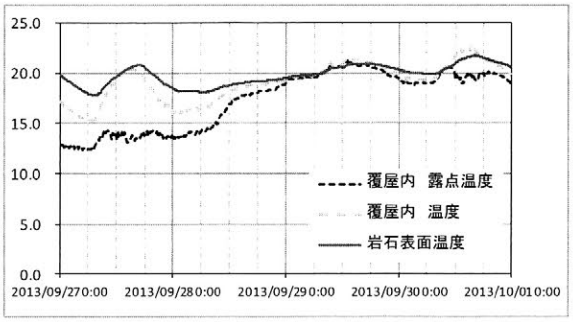


図１　結露発生前後の覆屋内環境調査結果

以上のように、菅尾磨崖仏では間欠撮影によって壁面が濡れる過程を記録することができ、それにより、壁面の着生生物繁茂の原因が判明した。また、環境調査から得られたデータと総合的に分析することで、問題が起こった際の環境条件を検証することができた。

３．屋内における間欠撮影事例

屋内でテストピースを用いた塩類析出実験をおこなうにあたり、析出状況を記録するために、10 分間隔で硫酸ナトリウム水溶液に浸したテストピースの間欠撮影をおこなった（写真５）。その結果、6 時間 30 分後から塩類の析出を確認し、24 時間後には上面を中心に、仕切板上に出ているテストピース全面で塩類が析出（写真６）、38 時間 30 分後には析出した塩類がテストピース上面を埋め尽くすようになっていた（写真７）。その後も塩類析出は続き、テストピース側面への析出や上面の塩類が徐々に厚くなっていく様子をとらえた。間欠撮影システムを用いることで、時間毎の析出状況変化を作業負担なく記録することができた。

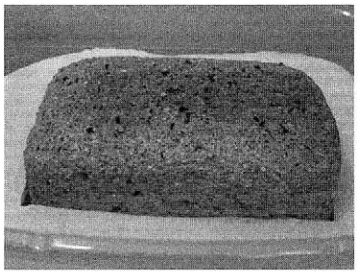


写真５　浸漬前

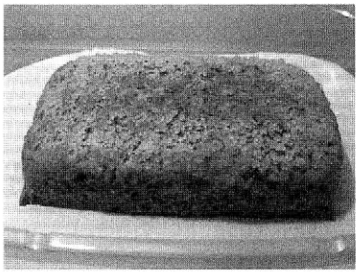


写真６　24 時間後

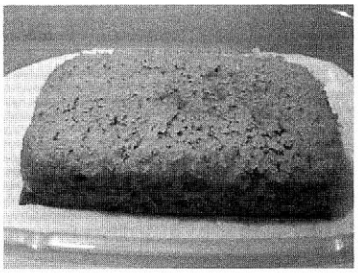


写真７　38 時間 30 分後

４．おわりに

今発表では二つの間欠撮影事例を述べた。菅尾磨崖仏ではいつ起こるか分からない変化を記録することができ、環境調査結果との照合により、変化が起きた際の環境条件を検証することができた。テストピースによる実験では対象物の変化する様子を継続的に記録することができた。以上のように、間欠撮影は対象物の変化を記録する上で有効な撮影方法だと言える。

※１　本発表内の菅尾磨崖仏における間欠撮影および周辺環境調査は平成 25 年度　国庫補助金による「平成 25 年度　重要文化財・国史跡菅尾磨崖仏保存環境調査業務委託」事業の一環としておこなったものである。

敦煌文書料紙における澱粉の使用について

Starch in Papers of Dunhuang Documents

○ 坂本昭二 1)、Nathalie Monnet 2)、岡田至弘 1)
1) 龍谷大学 古典籍デジタルアーカイブ研究センター、 2) フランス国立図書館
○ Shouji Sakamoto 1)　Nathalie Monnet 2)　Yoshihiro Okada 1)
1) Ryukoku University Digital Archives Research Center、 2) Bibliothèque nationale de France

1. はじめに

文書料紙の中には書写したときの滲みを防ぐためにサイジング処理が施されているものや、紙が透けるのを防ぐために塡料を混入するなどの処理が施されているものがある。例えば、古いものではトルファンで出土した後秦の白雀元年（384 年）の記年を持つ随葬衣物疏の紙表面に澱粉糊の使用が報告されており[1]、また、スタインがダンダンウィリク（丹丹烏里克）で発見した古文書（768 年）にはサイジングが施されていることが報告されている[2, 3]。本研究では記年のある敦煌文書を顕微鏡で分析した結果、澱粉粒を含む紙が多数見つかったので報告する。

2. 澱粉の性質と紙への使用について

澱粉の性質として、澱粉を水と混ぜて加熱すると澱粉粒は水を吸収して膨張し、さらに加熱を続けると澱粉粒は崩壊して糊化する。従って、糊化して完全に澱粉粒の形状が無くなってしまっている場合には澱粉使用の確認は難しくなる。本稿では澱粉粒が確認できたものについて調べた。ここで、澱粉粒を含む古紙を原料として加熱処理を行わずに作った再生紙には澱粉粒がそのまま残っている場合があることを注意しておく。

紙への澱粉の使用には主に、澱粉を加熱せずに紙に添加する方法と、澱粉を糊化して紙に塗布する方法がある。前者の例として日本でも多く見られる米粉入りの紙などがあり、後者の例としてアラブの紙には加熱した小麦澱粉がサイジングに使用されていた[4, 5]ことが報告されている。このような澱粉の使用は、紙の不透明性の向上、滲み止め、紙表面の平滑化、原料である繊維の節約などの理由によるものである。

古代中国における主な穀物は大麦、小麦、粟、黍、稗、米であるので、これらの澱粉の特徴を示す。小麦と大麦の澱粉粒のサイズに関しては、大小 2 種類のタイプに分類され、大型澱粉粒の直径はおよそ 15～35 [μm]で凸レンズ型の形状をしており、小型澱粉粒の直径はおよそ 3～10 [μm]である。漢代以降の華北や中央アジアにおいてはすでに大麦に取って代わって小麦が主流であった。実際に、敦煌文書の中には小麦と粟に関する記述のあるものが多く見られる。このことから、敦煌文書が作られた時代にはこのような特徴を持つ澱粉粒は小麦澱粉である可能性が高い。次に、粟、黍、稗は小さな澱粉粒でその直径はおよそ 7～13 [μm]でいびつな多角形の粒子である。粟に関しては税として納められるほど一般に流通しており、このような特徴を持つ澱粉粒は粟澱粉である可能性が高い。最後に米はこれらの中でも最も小さな澱粉粒でその直径はおよそ 3～8 [μm]でいびつな多角形の粒子である。米は主に温暖湿潤な気候である華南で多く作られていた。このような澱粉粒の形状から同定を試みる研究がすでに行われているので参考にした[6]。

3. 敦煌文書における澱粉粒

分析の結果、粒径と形状から、米澱粉に似た特徴を持つもの（平均直径がおよそ 5～6 [μm]、図.1 参照）、粟（又は黍、稗）澱粉に似た特徴を持つもの（平均直径がおよそ 9～10 [μm] 、図.2 参照）、そして、小麦澱粉の特徴を持つもの（大型と小型澱粉粒がある、図.3 参照）の 3 タイプが確認できた。米及び粟と思われる澱粉を含む紙は比較的薄い楮紙で、その澱粉は糊化していないようであり、紙の不透明性向上や繊維原料の節約のために添加されたと思われる。一方、小麦澱粉を含んでいる紙のほとんどが麻紙であった（図.4 参照）。小麦澱粉を含む紙に関しては、大量に澱粉粒が見られる紙や少量の澱粉粒しか見られない紙もあり、紙によって含んでいる澱粉粒の量に大きなばらつきがあった。少量の場合は

古紙から混入した澱粉粒の可能性が高いと思われる。一部の紙からは若干の白濁した澱粉粒も見られた。

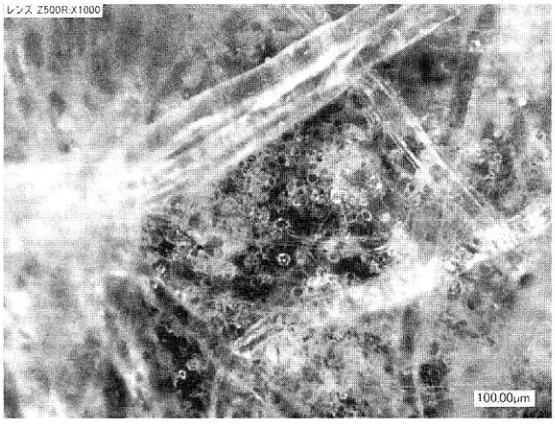


図.1 Pelliot Chinois 2091 第 4 紙 隋 大業九年(613)

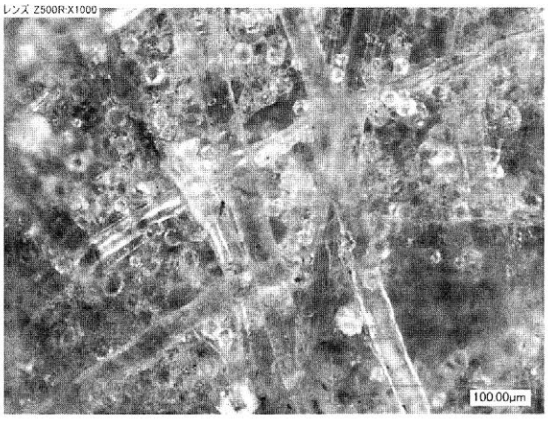


図.2 Pelliot Chinois 2536 第 4 紙 唐 龍朔三年(663)

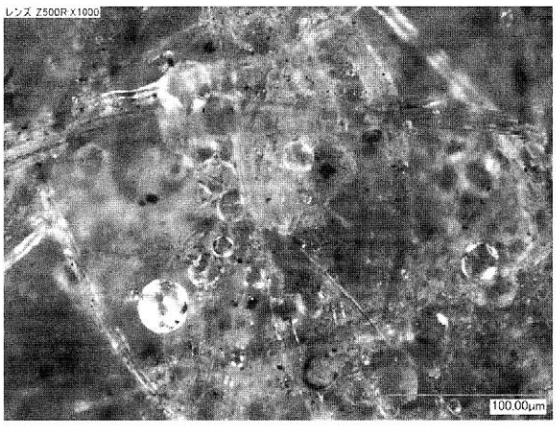


図.3 Pelliot Chinois 2638 第 2 紙 後唐 清泰三年(936)

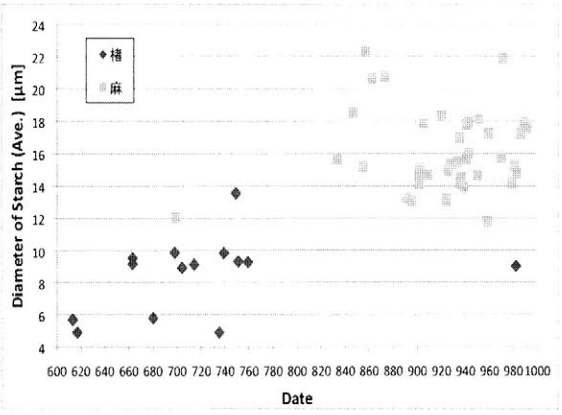


図.4 澱粉粒の平均直径(サンプル数 55 点、横軸は年代)

4. まとめ

敦煌文書の紙から見つかった澱粉粒はその形状から 3 種類に分類でき、これらを米、粟(又は黍、稗)、小麦とそれぞれ推定した。米、粟と見られる澱粉を填料として使用した楮紙が隋代から存在し、これらは糊化させずに米粉や粟粉のまま添加された澱粉のようである。そして、小麦澱粉が混入している紙(そのほとんどが麻紙)が唐代から存在したことを示した。小麦澱粉の使用に関しては糊化しているのかどうかの判断が難しい場合もあり、今後、澱粉の糊化に関する調査をさらに進める必要がある。

参考文献

[1] 潘吉星:中国造紙史, 上海人民出版社, 2009

[2] A. F. Rudolf Hoernle : *Who was the Inventor of Rag-paper?*, The Journal of the Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, pp. 663-684, Cambridge University Press, 1903 Oct.

[3] 桑原隲蔵:紙の歴史, 藝文 第二年第九、第一〇號, 1911

[4] Mandana Barkeshli : *Historical and Scientific Analysis on Sizing Materials Used in Iranian Manuscripts and Miniature Paintings*, The Book and Paper Group Annual, 22, p.9-16, 2003

[5] Bloom. J. M. : *Paper before print: The history and impact of paper in the islamic world*, New Haven, Yale University Press, 2001

[6] 渋谷綾子:日本列島における現生デンプン粒標本と日本考古学研究への応用 – 残存デンプン粒の形態分類をめざして, 植生史研究, 第 18 巻, 第 1 号, p.13-27, 2010

三次元計測を用いた芝ケ原古墳出土銅釧の研究

Study of bronze bracelets excavated from Shibagahara Kohun by means of 3D measurement

○水野敏典、奥山誠義、北井利幸、柳田明進、小泉裕司、岩本　崇
MIZUNO TOSHINORI, OKUYAMA MASAYOSHI , KITAI TOSHIYUKI, YANAGIDA AKINOBU(Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture) KOIZUMI HIROSHI, (Joyo City Board of Education) IWAMOTO TAKASHI(Shimane University)

1. はじめに

本研究では、古墳時代初頭の青銅器製作技術の検討を目的として、銅釧をとり上げる。芝ケ原古墳は、古墳時代前期初頭とされる前方後方墳（全長20+αm）である。出土銅釧は2点で、同時期の資料として非常に希少である。三次元計測をもとに比較を行い、製作技術を検討した。

2. 資料としての銅釧

銅釧の形状は、貝製釧を模して、車輪石と似る。表面に放射状の文様をもち、裏面は平滑である。最大長は12cm前後で、A、B個体の重量は129g、118gである。青銅製品としての遺存状況は良好で、A個体に水銀朱とともにやや多く錆びが付着する。A、B個体は放射状文様の本数が36本と合致するが、両個体とも割れており、全体に歪んで復元されていた。

これまで、銅鏡、銅鐸を中心に三次元計測を行い、収縮、変形、文様の改変などを比較分析してきた。しかし、今回の銅釧は、圏線や複雑な文様がなく、放射状文様の突起先端も含めてほぼ全面が研磨されており、厳密な形状比較のための定点を見つけられない点で、特異な資料である。

3. 比較の方法

A、B個体は歪んでおり、現状では全体での比較ができない。文様などの比較のための定点が確認できず、立体物としての比較は、主に放射状の文様の形状となる。そこで、計測データを破片ごとに分割し、放射状文様の間隔の乱れをもとに、2点の銅釧の計測データを重ね、主に断面図を複数作成することを、破片ごとに繰り返し、比較検討を行った。

4. 現象

A、B個体の放射状の文様の間隔の乱れは、ほぼ正確に合致し、裏面の曲面も極めて近似している。2点の差異は、全体の厚みがB個体の方が0.1mm程度薄い傾向がある。放射状の文様のシャープさもB個体が勝っており、部分的に釧幅が最大で約0.5mm広い。また、両個体に共通な放射状の文様間にp点などの鋳型成型時の削り残しを確認した。

5. まとめ

計測データを用いた比較検討により、銅釧2点が一つの鋳型から派生した量産品と判明した。しかし、この2点を同笵技法による複製品との断定を躊躇させるのは、厚さと釧幅の差異である。厚さは、鋳型の違いだけでなく研磨の違いの可能性も考えられ、釧幅については、鋳型の欠損の補修、踏み返しなどの鋳型の複製の両方が並立し、断定できない。決め手となる、比較のための三次元上の定点が設定できず、厳密な収縮についての検討ができなかった。今後も検討を続ける必要があるが、古墳時代前期における青銅製品の量産についての一例を確認することができた。

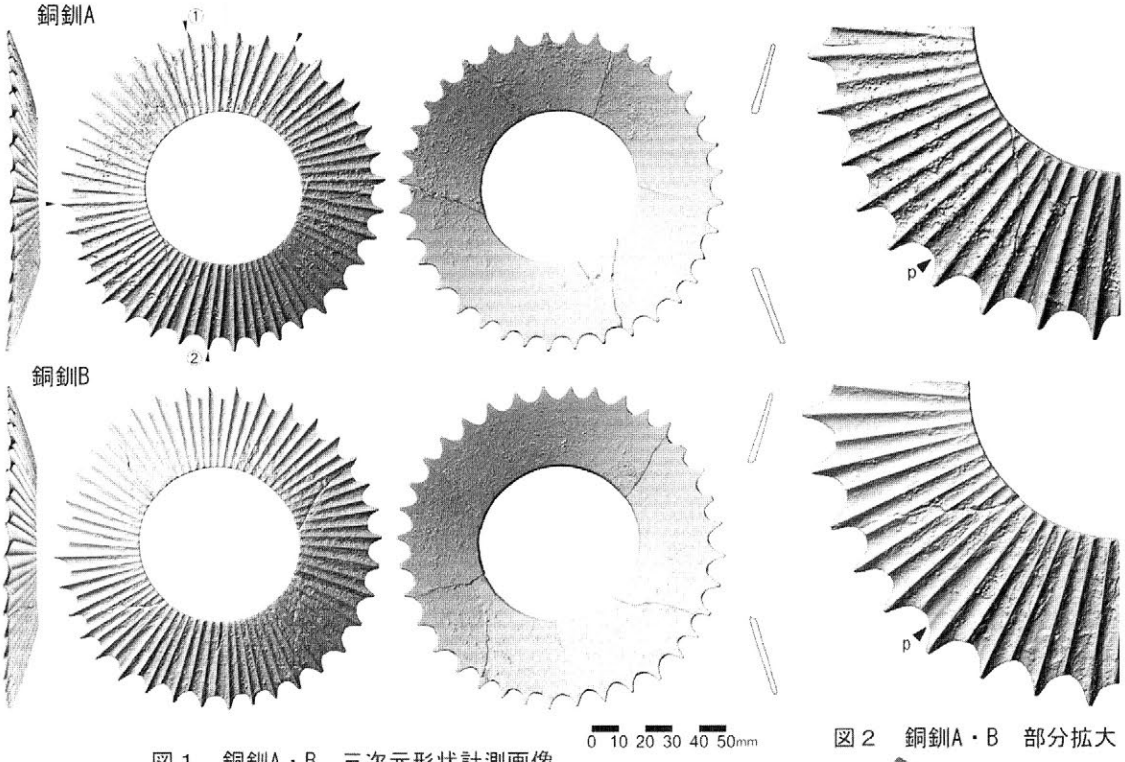


図１　銅釧A・B　三次元形状計測画像

図２　銅釧A・B　部分拡大

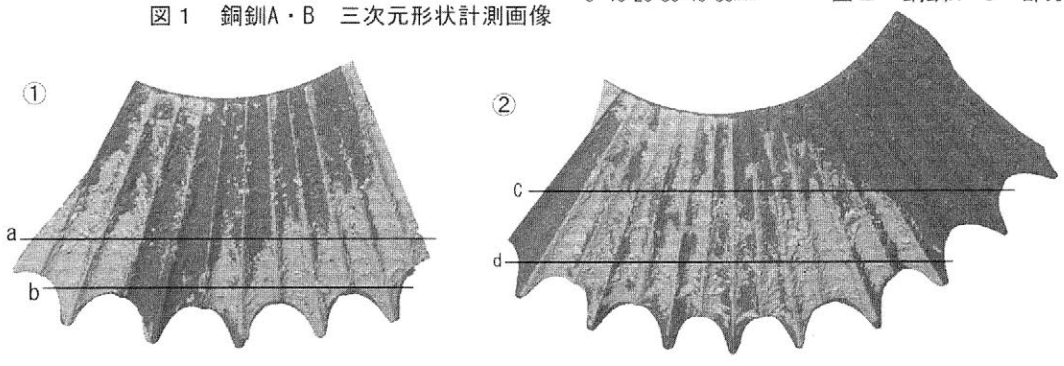


図３　銅釧A・B部分画像重ね合わせ（明：銅釧A、暗：銅釧B）

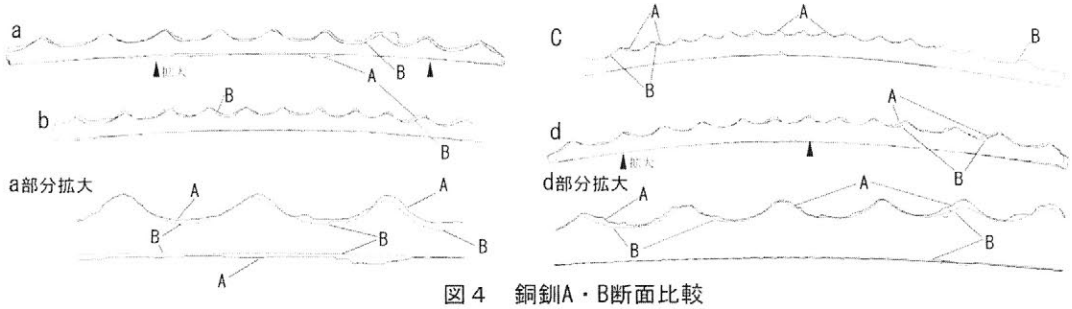


図４　銅釧A・B断面比較

使用機材　ATOS　Compact Scan（ドイツ GOM 社製）

本研究は、城陽市教育委員会との共同研究成果の一部であり、増永光令より技術的な協力を受けた。 機関として、城陽市歴史民俗資料館　奈良県立橿原考古学研究所の協力を得た。

本研究は、JSPS　課題番号：25284161　研究代表：水野敏典　基盤研究 B「三次元計測を応用した青銅器製作技術からみた三角縁神獣鏡の総合的研究」の成果の一部である

SfMによる近接写真計測の遺跡への応用

Practical applications of the structure-from-motion for archaeological sites.

○金田明大（奈文研）

はじめに　カメラによる多視点の画像をもとに、カメラ位置と三次元形状を復元するSfM（Structure from Motion）は、コンピュータービジョン（Computer Vision:CV）技術の発展により、長足の進歩を遂げている。文化財の記録においても、現実的に導入しやすい手法の検討と試行が必要であり、計測において今後最も期待される技術のひとつである。

本研究では、SfMおよびMulti-View Stereoなどの技術を利用したソフトウェアを用いた遺構計測の利用を紹介する。

奈良文化財研究所は、既に簡易な精度検証などを経て、平城京域や福島県の復興調査現場での実践を進めている。しかし、これらの成果の紹介は別論および調査報告の発表後に譲り、ここでは、古墳を対象にした地上からの計測例について紹介をおこなう。

使用機材と方法　撮影機材はFujifilm社製X-T1にXF18mmF2 Rレンズを用いた。

SfMは商用、FOSSなどのアプリケーションソフトウェアが多数存在しており、選択が可能であるが、今回はAgisoft PhotoScanを用いた。このソフトウェアはStandard版で二万五千円程度で購入可能であり、モデルの生成が簡便な作業で可能である。また、マルチプラットフォームであることも利点である。

対象物の撮影は短期間でおこなえるが、モデル作成の時の欠損による再撮影などの手間をなるべく避けるため、撮影後、ノートパソコンにて低品質のモデルを仮作成し、モデル形成状況を確認した。モデル作成作業時間はコンピュータの性能や撮影枚数などの条件により差異があるが、CPUCorei7、メモリ8GB、GPU IntelHDGraphics4000（オンボード）で数分~20分程度である。本格的な処理については現地作業後、研究室にて実施し、こちらはCPUXeon、メモリ32GB、GPUQuadroFX1000のワークステーションを用いて数時間~最長で26時間を要した。

水木古墳の計測　奈良市大柳生町に所在する市指定の後期古墳である。発掘調査の結果、削平を受けているものの、外護列石を伴り、両袖式の横穴式石室を有していることが明らかになった。現在では、これらの遺構は整備されて保存・展示されている。

撮影は手持ちでおこない、枚数は104枚、撮影時間は8分であった。

ここでは、主な目的としていた外護列石および石室の三次元モデルを作成することができた。

弁天塚古墳の計測　奈良市高樋町に所在する後期古墳である。横穴式石室が開口している。

石室内の撮影は主に手持ちでおこなったが、フラッシュを用い、地面や壁面近くで撮影する場合にはWifiによるリモート撮影をおこなった。撮影枚数は113枚、撮影時間は9分であった。

暗い石室内であり、また十分な時間がなかったため、一部に問題が残るが、三次元モデルを作成できている。ソリッドモデルでは、使用された石の表面の状況も観察することが可能である。今後、石室内での撮影条件や方法については更に検討を進めたい。

まとめ　手での計測やレーザースキャナーなどによる計測データとの比較を進める必要があるが、両成果とも三次元モデルを迅速に生成することができた。汎用のデジタルカメラとコンピューターを利用できることから、今後有効な計測手法として普及を進めていく必要がある。現在のところ、作業工程の確立や座標情報の付与、任意の面におけるデータ出力などが課題であるが、点群を用いる他の計測手法と同様、文化財の計測の必要に対応した方法を確立したい。

最後に水木古墳の計測を許可いただいた奈良市教育委員会、弁天塚古墳の計測撮影を許可いただいた土地所有者に感謝申し上げます。

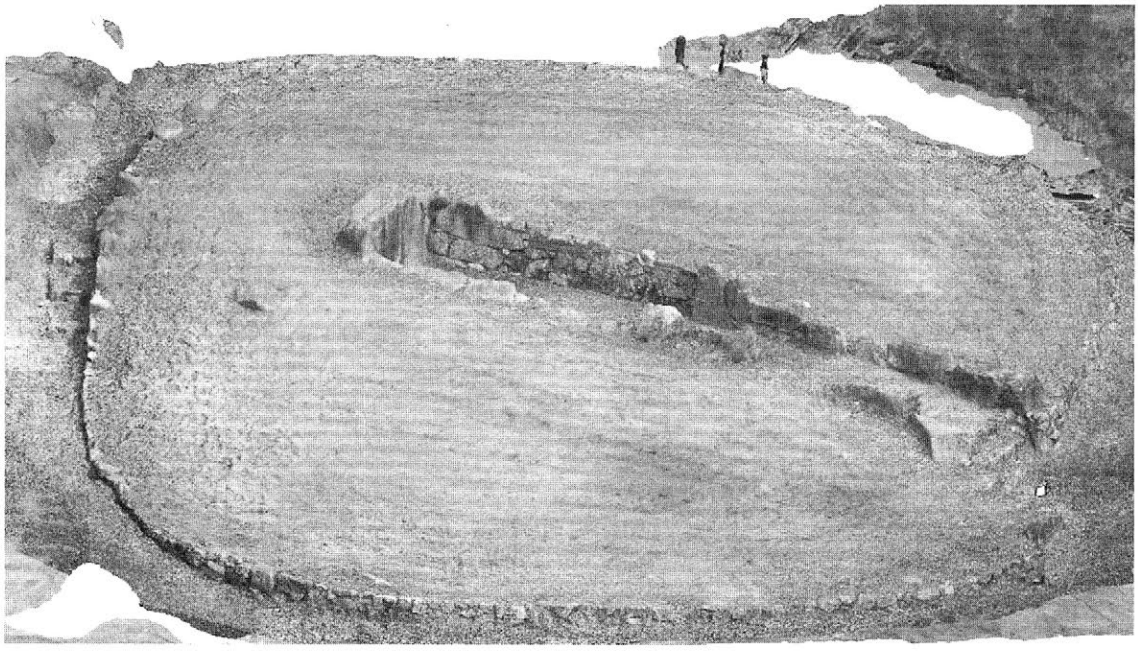


fig.1)　水木古墳の三次元計測成果

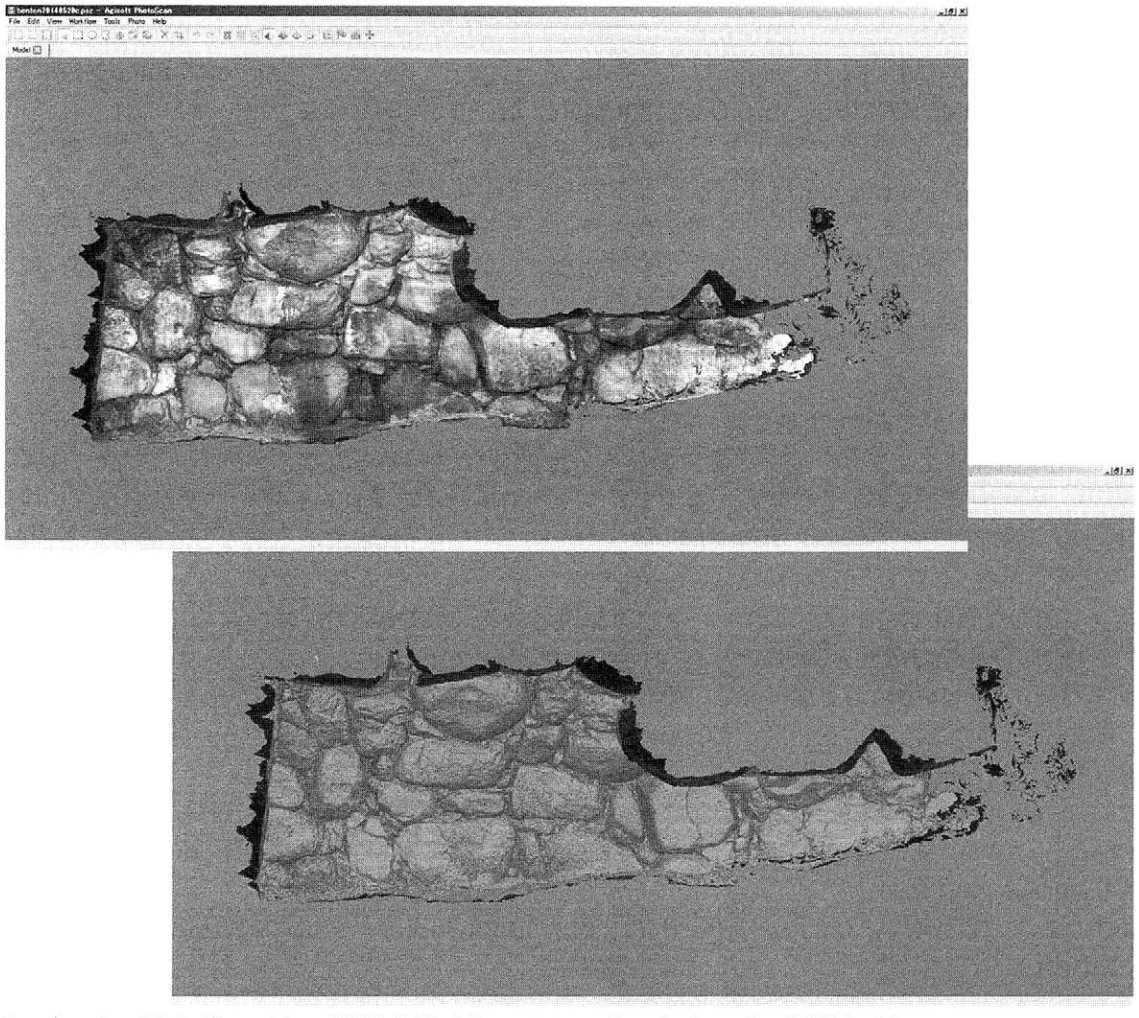


fig.2)　弁天塚古墳の三次元計測成果（上：テクスチャ表示　下：陰影表示）

SfM 各手法による三次元計測の比較

Comparison of the three-dimensional measurement by each Structure-from-motion technique.

○金田明大（奈文研）

はじめに　SfM（Structure from Motion）は、簡便な機材で利用が可能な計測方法であり、今後文化財の計測において活用が進むと考える。

現在、多様なソフトウェアやサービス（以後手段と呼称）が存在しており、低コストで導入、利用が可能なものも少なくない。これらの各手段はそれぞれ特徴があり、状況に応じて利用を進めるのが望ましい。既に複数の比較研究がなされており、参考になるが(Torres 2012)、日本においても同様の試みをおこない、我が国の実態に即した方法を模索する必要がある。

本研究では、SfM および Multi-View Stereo などを利用した手段の簡単な比較をおこなった。

使用機材と方法　今回対象としたのは、奈良文化財研究所蔵礎石である。この礎石は平城宮東区大極殿に用いられたものと伝えられており、庭石として利用されていたが、後に寄贈を受けたものである。撮影機材は Fujifilm 社製 X-E1 に XF18mmF2 R レンズを用いた。絞り優先 F11 で手持ち撮影をおこなった。撮影枚数は 30 枚である。

SfM などの技術を使用した手段として、今回は Agisoft PhotoScan、VisualSFM+PMVS/CMVS、AutoDesk123Catch、Arc3D Webservice を用いた。それぞれ商用/非商用、スタンドアローンソフトウェア/ネットワークサービスと形態は多様である。他にも PPT(Python Photogrammetry Toolbox)などがあり、今後比較検討を進める予定である。

いずれの方法においても、写真画像の読み込み、SfM による写真撮影位置・方向の復元および点群の出力、Multi-View Stereo による高密度の点群の出力、点群に基づいたモデルの作成、テクスチャマッピングによる色画像情報の付与といった作業行程をとる。

CPUCorei7、メモリ 8GB、GPU IntelHDGraphics4000（オンボード）のノートパソコンでは、Photoscan では解析を終えることができたが、VisualSFM では途中で異常終了してしまい、成果を得ることができず、より性能の高いコンピュータで処理をおこなった。また、123Dcatch、Arc3D は回線速度で処理時間が大幅に異なる。Arc3D は 2 バイト文字に対応していないため、ディレクトリ、ファイル名を含めて全てアルファベットによる名前をつける必要がある。

まとめ　先行研究での指摘と同様、復元される三次元モデルの欠損部の有無などで差があることが指摘できる。しかし、各手段について操作やパラメーターの設定等で習熟している訳ではないため、適切な条件での比較ができていない可能性があり、今後も他の手段を含めて検討を進めたい。また、計測の有効性と限界については手での計測や地上レーザースキャナーなどによる計測データとの比較を進める必要がある。既にこれらについても検討が進められており、その有効性が確認されつつある（小花和ほか 2014）が、手段の選択とともに、それぞれの特性に応じた撮影方法などの模索も必要である。

ChangchangWu 2011 VisualSFM: A Visual Structure from Motion System　http://ccwu.me/vsfm/

ChangchangWu, Sameer Agarwal, Brian Curless, and Steven M. Seitz 2011 Multicore Bundle Adjustment　CVPR 2011

J.C Torres, G. Arroyo, C.Romo, J.De Haro 2012 3D Digitization using Structure from Motion CEIG2012.

小花和宏之・早川裕弌・斉藤仁・ゴメス クリストファー 2014 UAV-SfM 手法と地上レーザー測量により得られた DSM の比較　写真測量とリモートセンシング 2014-2　日本写真測量学会

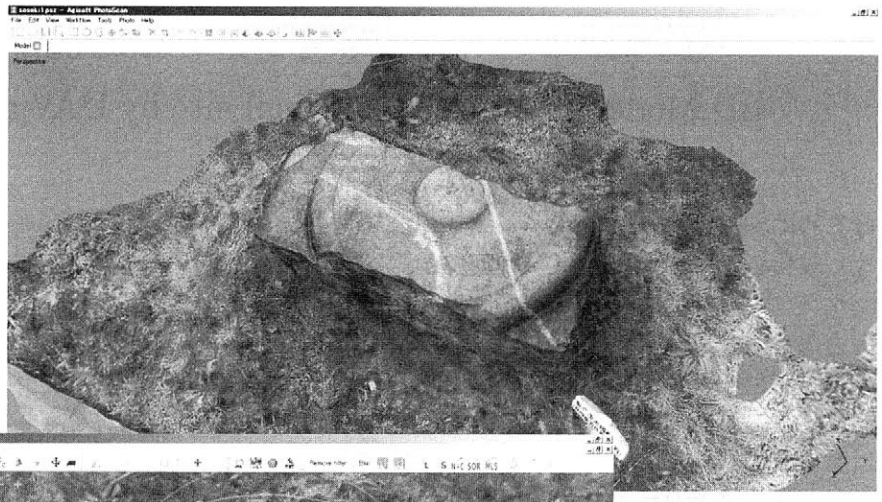


fig.1) Photoscan による礎石の三次元計測成果

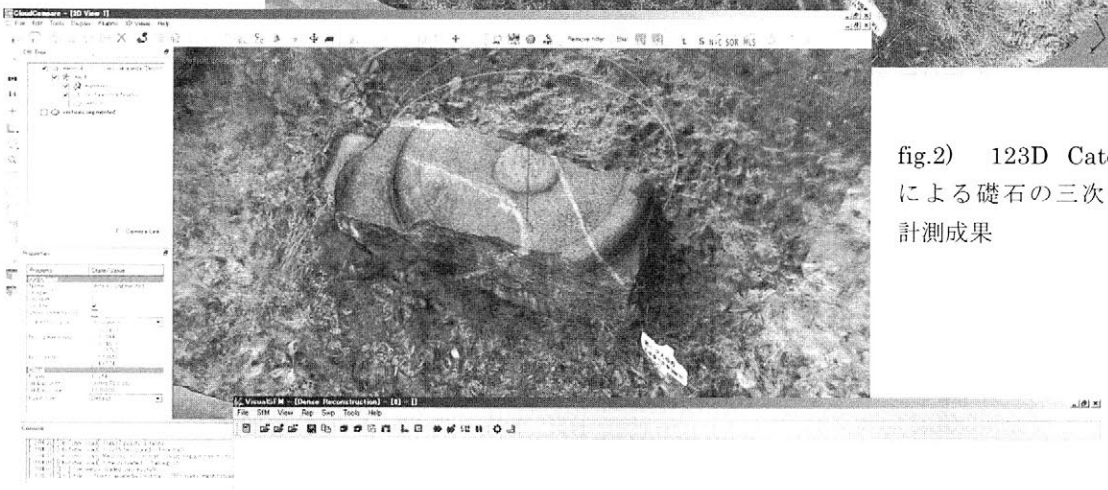


fig.2) 123D Catch による礎石の三次元計測成果

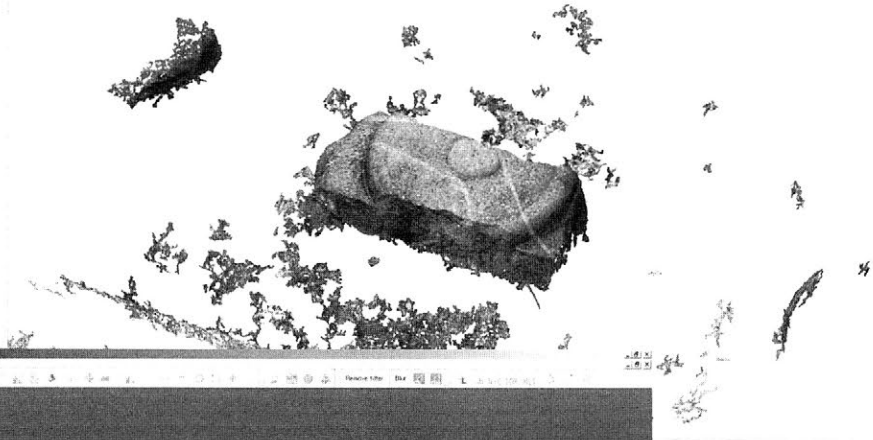


fig.3) VisualSFM と PMVS/CMVS による礎石の三次元計測成果

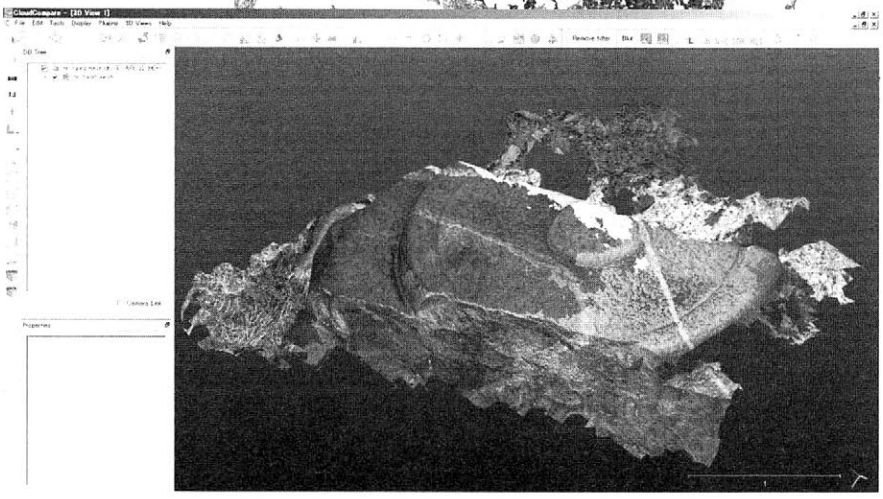


fig.4) Arc3D Webservice による礎石の三次元計測成果

UAVとSfMによる遺跡の三次元計測

3D Modeling of archaeological site by UAV and SfM.

○金田明大（奈文研）

はじめに　SfM（Structure from Motion）技術は、従来の写真測量で要求される撮影条件を大きく緩和し、自由な角度からの画像による三次元計測を可能にした。近年注目を集めている小型マルチローターUAV(Unmanned Aerial Vehicle)による画像は、写真測量による遺跡情報取得の有力な手法と考えるが、撮影角度やコースが不安定になることが課題であった。画像の撮影条件の制約が少ないSfMは、この課題を解決できる。既に様々な実践がある（例えば内山ほか2014）。

文化財においては、近接写真測量や空中写真測量が既に長い歴史を有しているが、UAVとSfMによる方法は、導入や利用のコスト、解像力の観点から、これらを代替する技術になり得る。発表者の所属する研究室では、遺構の低廉・簡便・迅速な計測法を模索しているが、技術の検討のため平城宮東院庭園の石組を対象に試験を実施した。この遺構は、奈良時代庭園の重要な構成要素であるだけでなく、手作業や三次元レーザースキャナーでの計測成果が存在することから、計測各手法の比較として活用が可能である。本発表では、この計測成果について紹介する。

使用機材と方法　撮影機材として、UAVにはDJI社Phantom2を使用した。この機種はペイロードが約 300g であり、小型のカメラの使用が可能である。撮影用カメラは、Panasonic 社 LumixGM1K に 12-32mm/F3.5-5.6 レンズを組み合わせて用いた。合計重量は約 274g である。軽量化のため、ジンバルなどは利用せず、カメラの固定は幅広のゴムと荷絞め用のベルトを用い、安定のために輪ゴムで四方向より引っ張った。これとは別に安全対策としてカメラに紐をつけ、ヘリコプター本体に結び付けている。撮影は F11 で絞り優先、1 秒ごとのインターバル撮影の設定をおこなった。影などによるモデル作成の影響を回避するため、本来はRAWによる撮影も必要であるが、晴天で対象物の影も少なかったため、画像はjpegで撮影した。。飛行時間は4分間、撮影枚数は168枚であるが、解析時間を考慮して離着陸時の撮影コマを除去した後、3秒おきのコマを抽出し、52 枚の画像を解析した。操作時の人為ミスを極力回避するため、ヘリコプターの向きを変えることなく、なるべく平行な軌跡を意識して横方向にゆっくりと飛行し、範囲外に確実に出たところでわずかに前進させて対象物の撮影をおこなった。撮影時は 0.5m/s 程度の風であったが、撮影後半にやや強い風が吹いた。安全のためには風力計の利用は必須である。

SfMソフトウェアはAgisoft PhotoScanを用いた。　再撮影などの手間をなるべく避けるため、撮影後、低品質のモデルを作成し、モデル形成状況を確認した。確認時は、時間短縮のため撮影した画像を 3 枚間隔で抽出して処理をおこなった。CPUCorei7、メモリ 8GB、GPU IntelHDGraphics4000（オンボード）のコンピューターで約18分である。本格的な処理については現地作業後、研究室にて実施し、こちらはCPUXeon、メモリ 32GB、GPUQuadroFX1000のワークステーションを用いて16時間を要した。

成果とまとめ　実機による遺構の空中写真測量は、成果と実績をあげてきた。しかし、柔軟な運用が難しいことや、専門家の解析を必要としており、現場で要求される即応性にやや劣る面があった。また、費用の面など全ての発掘調査において利用可能な状況ではない点も課題であった。今回示すことができたように、小型 UAV と SfM を組み合わせて使用することによって、従来の方法では難しかった計測が広く可能になる。

小型UAVは、従来のエンジン式ヘリコプターなどに比べ、安定した飛行が可能であることから、今後発掘調査現場での利用が増加することが予想される。調査区内という限定した場で 10 m程度の比較的低高度を飛行させるという点では景色等を記録する他の空撮に比べて事故時の危険は少ないが、今後、安全対策などを含めて活用方法を模索、共有する場が必要と考える。

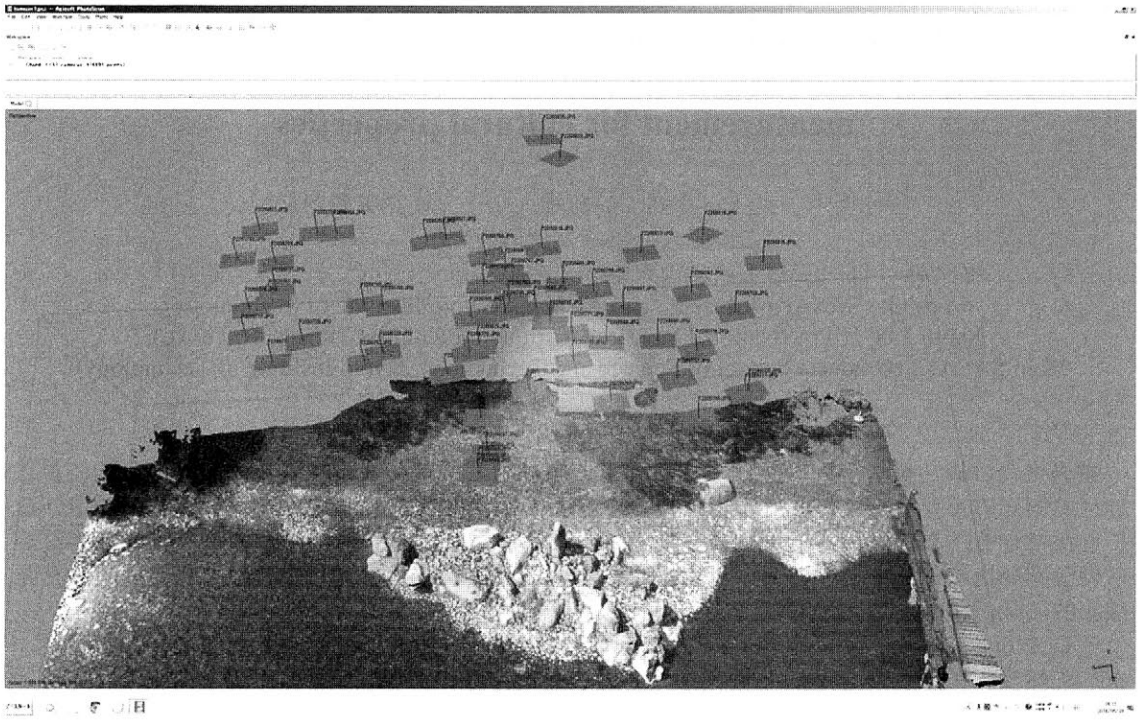


fig.1)　平城宮東院庭園石組三次元計測成果と SfM による撮影位置の表示

fig.2)　UAV とカメラのセッティング

fig.3）撮影風景

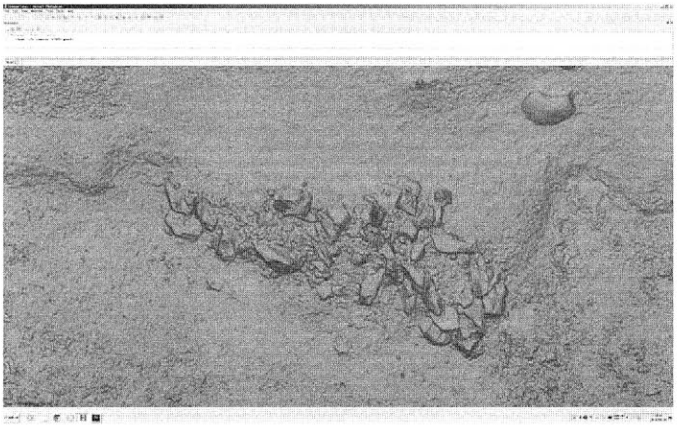


fig.4）石組三次元計測成果陰影図

内山庄一郎・井上　公・鈴木比奈子 2014　SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究防災科学技術研究所研究報告第 81 号.

蛍光寿命測定の文化財材料への応用に関する基礎研究 1
Preliminary research about the application to the fluorescence lifetime measurement for cultural properties

○佐々木　良子（京都工芸繊維大学　美術工芸資料館），
吉田直人（東京文化財研究所），
佐々木　健（京都工芸繊維大学　工芸科学研究科生体分子工学部門）
○Yoshiko SASAKI (Museum and Archives, Kyoto Institute of Technology),
Naoto YOSHIDA (National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo),
Ken SASAKI (Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology)

はじめに

蛍光寿命は周辺環境が同じ条件で物質固有の値を示し，蛍光スペクトルの発光・励起波長に加えて第三のパラメータとして蛍光性染料などの非破壊的・非接触的な同定手法として用いることができる。また，周辺環境により変化するため有機・高分子材料に含まれる蛍光性物質からの蛍光発光に対してこの寿命の測定を行うことで，その有機材料そのものの物理的状態を非破壊的に数値化することが可能である。

そこでこれまで著者らがエネルギー移動過程の評価方法として用いてきた蛍光寿命測定[1-3]を，天然染料の新たな非破壊分析手法として文化財分析の分野に導入する為の基礎研究として，まず，蛍光性染料の蛍光寿命を，周辺環境を変化させて測定し，その違いを明らかにしたので，ここに第一報として報告する。

実験

機器：浜松ホトニクス PLP10 パルスレーザ（410 nm）を励起光源とし，浜松ホトニクス C-5094(波長走引幅 250 nm)で分光した後に，浜松ホトニクス C4334 ストリークカメラで Photon を検出した。Delay 及び Pulse generator は Stanford research DG535 を使用した。データは浜松ホトニクス U8167 データ処理システムを用いて解析した。

試薬：塩化ベルベリンは市販品（東京化成）をメタノールより再結晶して，クルクミンは市販品（和光純薬）をそのまま用いた。

標準試料：黄檗（高砂製薬）を用いて染色した絹布を測定に供した。

理論：有機分子が光エネルギーを吸収して生成する励起状態（S_1）からエネルギーを放出して元の基底状態(S_0)へ戻る緩和過程には、蛍光発光による過程(k_f)の他に内部変換と呼ばれる無放射過程(通常は熱的過程 k_i)と励起三重項（T_1）への項間交差（ISC）を経る燐光発光の光放射を伴う過程(k_{isc})が存在する。励起状態の緩和速度定数 k はこの 3 つの物理過程に化学反応による緩和過程 k_r を加えた 4 つの速度定数の和($k = k_i+k_{fl}+k_{isc}+k_r$)で示され、この逆数($1/k=1/[k_i+k_{fl}+k_{isc}+k_r]$)は励起状態 S_1 の寿命をあらわす蛍光減少における重要な動力学的パラメータである。この($1/k$)は一般に蛍光寿命(τ)と呼ばれ，k_{fl} と k_{isc} は物質に固有の値であるため、熱緩和過程である k_i が一定の条件下においてτは物質に固有の値を示し，また k_i の変化は直接τに反映する。そのためτは蛍光励起・発光極大波長に加えて第 3 に指標として物質の同定に用いることが出来るとともに，熱的緩和過程に影響を阿立てる周辺環境を反映するパラメータとして利用可能である。

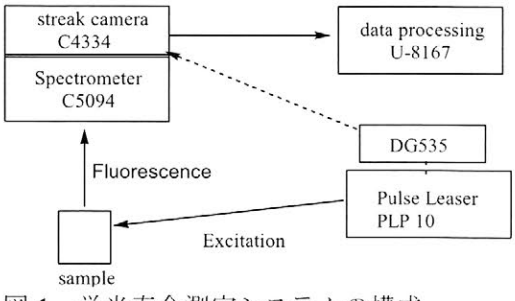


図 1　蛍光寿命測定システムの構成

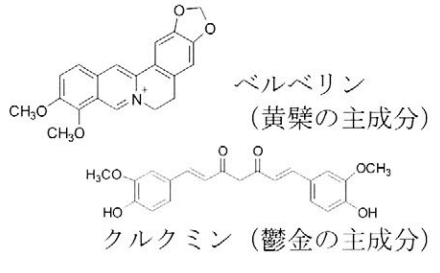


図 2　　黄色染料成分の構造式

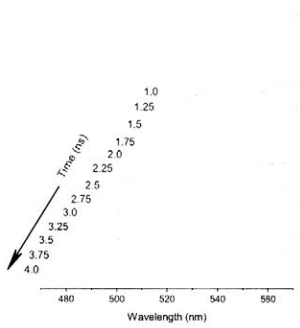


図 1　メタノール溶液中ベルベリンの蛍光スペクトル変化

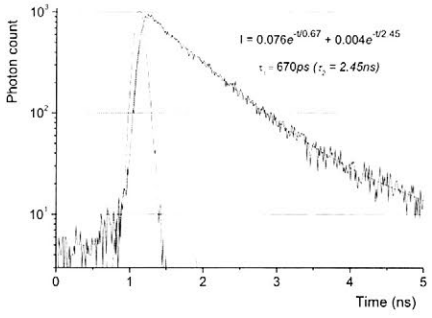


図 2　メタノール溶液中ベルベリンの蛍光減衰曲線（対数表示）

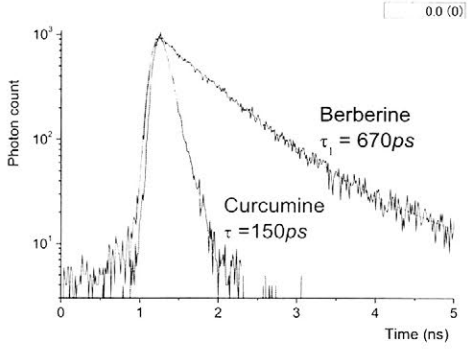


図 3　メタノール溶液中ベルベリンとクルクミンの蛍光減衰曲線（対数表示）

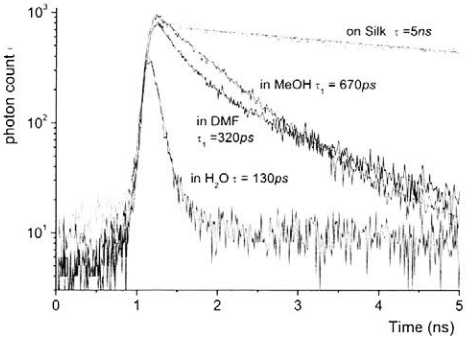


図 4　媒体の異なるベルベリンの蛍光減衰曲線（対数表示）

結果と考察

パルス幅 70 ps の 410 nm パルスレーザを励起光源としたとき，天然染料である黄檗の主成分ベルベリンの蛍光は，図 1 に示す様に時間の経過に従ってスペクトルの強度が変化した。この変化を，時間軸を横軸に用いて表すと指数関数的な蛍光減衰曲線が得られる。通常これの縦軸を対数表示にして直線としてフィッティングを行い，蛍光寿命を求める。メタノール溶液中のベルベリンの蛍光寿命曲線（図 2）からの蛍光寿命 τ は 670 ps と求めたられた。蛍光性黄色天然染料の成分であるベルベリンとクルクミンは 410 nm で励起した時，450 nm 近傍の近い波長での蛍光発光を示すし。一波長励起で得られる蛍光のみでの両者の区別は難しいが，クルクミンについても同様の条件で蛍光寿命を求めたところ（図 3）150 ps と極めて短い値を示した。同一条件で蛍光寿命を測定することによりその化学種の違いが寿命に反映し，同定に用いる事が出来る事を示した。

ベルベリンの蛍光寿命を，媒体を変化させて測定したところ，媒体によって大きく変化し，水溶液における 0.1 ns から絹染色資料においては 5 ns まで寿命が増大した（図 4）。絹上では蛍光緩和過程において，熱緩和過程の寄与が極めて小さい為蛍光寿命が大きくなったものと考えられ，蛍光寿命が周辺環境によって大きく変化することを示した。この様に蛍光寿命は周辺環境の影響を大きく受けるので，染織文化財の材料評価に対する数値パラメータの一つとしての利用の可能性を示す。

参考文献

1) Ken Sasaki *et. al. J. Org. Chem.*, **71**, 4872-4877 (2006)
2) Ken Sasaki *et. al. Chem. Commun.*, **2004**, 408.
3) Ken Sasaki *et. al. J. Amer. Chem. Soc.*, **124**, 1182-1183 (2002).

平安期緑釉陶器の色彩学的検討
Chromatic research of the green glazed ware of the Heian Period

○田中由理(公益財団法人 元興寺文化財研究所)

1. はじめに

本研究の目的は、これまで客観的なデータによって整理されることのなかった平安期緑釉陶器の釉調の色彩学的検討を包括的に行うものである。平安期緑釉陶器の生産は、東海(愛知・岐阜)、近江、畿内、防長(山口)といった限られた地域で行われたとされており、産地ごとに胎土や釉調が異なることから、それが産地同定の指標となってきた。しかしその色の表現には、これまで濃緑色や淡緑色、若草色などの感覚的かつ主観的な色名が用いられがちであり、客観的な記述が十分になされていなかった。

そこで筆者は以前、大阪大学の京都府亀岡市の篠窯窯跡群大谷3号窯の出土緑釉陶器資料の調査において、客観的な色調計測を目指す検討を行った(田中 2012)。その中で、目視と機械による計測結果の誤差の問題が明らかになり、その対策や検討方法について、一定の成果を得たと考えるが、今後も継続して、各産地の資料のデータを蓄積し、分析を続ける必要がある。

一方、胎土や釉に関する成分の比較研究もこれまでの多くなされてきたものの、釉調は、原料だけでなく、窯内雰囲気など種々の複雑な要因によって変化することから、色調との対応関係の検討までは十分に行えていなかったと言える。これを解決する方法の一つとして、実際に原料の成分が確実に分かっている釉薬のテストピースを製作し、その焼成実験も併せて行うことにした。

2. 既往の検討

篠窯窯跡群大谷3号窯の出土緑釉陶器資料の調査においては、『JIS 標準色票』(目視計測)や分光測色計(器械計測)などの客観的な色を表示するものを用いての色の記述や色彩学的検討を試みた。

なお器械計測の値は目視計測で感じる色とは大きな開きが生じ、単純に目視より優れているとは言えないことが分かった。その原因として、器械の精度や肉眼による色の感度に加え、緑釉陶器の釉薬と胎土の色による複雑な構造を考えることができた。

というのは、そもそも緑釉陶器の釉調は、胎土の上に透明性のある釉薬がかかったもの、つまり、胎土と釉薬の2種類の色を複合させたものであるため、客観的に比較するためには、胎土色とその表面にある釉薬の色を分離しつつ分析をしなければならないことが課題となるのである。そこで現状としては、目視計測と器械計測のそれぞれの長所を生かした分析を行うことが先決と考えた。

①目視計測(図1)

まず目視計測は、従来どおりの色の感覚に合っており、これまでも感覚的にも捉えることができていた釉調と胎土色の関係や、ほかの産地との比較などにも踏み込んでいくには適している。

大谷3号窯の目視計測の結果を分析するにあたり、色を表すためには、例えばマンセル値でも分かるように色相・明度・彩度といった3方向の値が必要となる。そのうえ釉調と胎土といった2種の色を組み合わせたすべての数値の相関関係を見なければならないことから、主成分分析を行うことにした。

この主成分分析の結果から胎土や釉調の色の相関を確認したところ、胎土が灰で釉調が緑の強いもの、灰白や淡黄の胎土に鈍い黄緑の釉調のもの、白い胎土に濃黄の釉調のものなどの、胎土と釉調の組み合わせの大まかな群を見

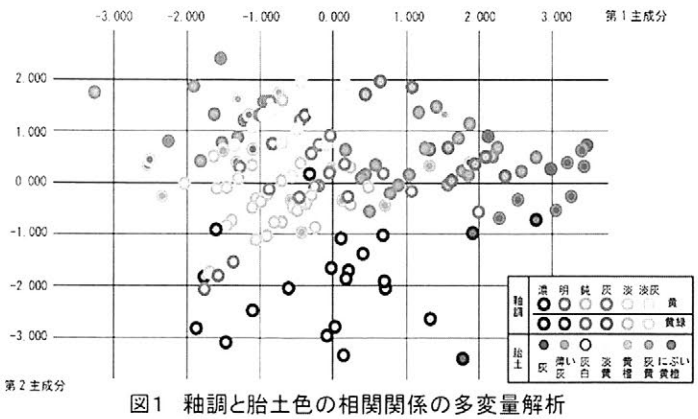


図1 釉調と胎土色の相関関係の多変量解析

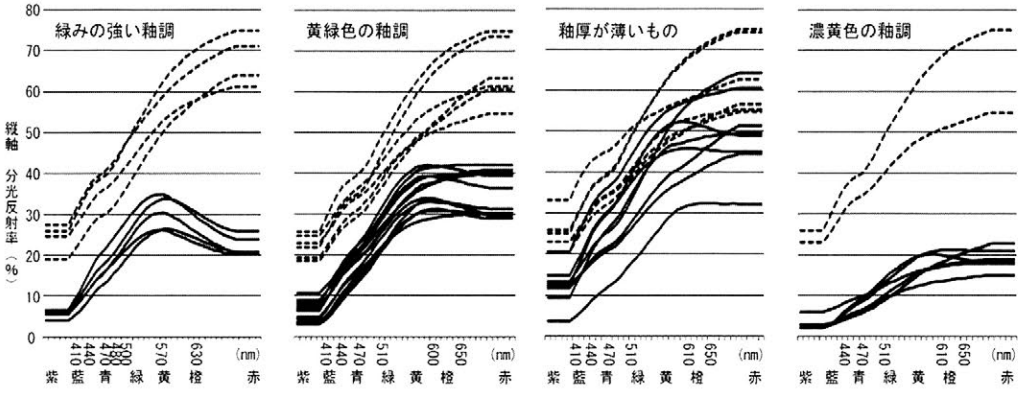


図2 釉調の色別の分光反射率・白い胎土の場合（点線：胎土・実線：釉調）　波長の数値は分光反射率の変換点のみ表示

出すことができ、これは窯の考古学的な解釈とも有意性を見いだせるものであった。

②器械計測（図2）

一方、機械測定によるデータは、色を各波長の分光反射率のパーセンテージとして示すため、複雑な色の仕組みを明らかにしてくれるものである。そこで上述のような、人が感覚的に掴んでいる胎土や釉調の色やその相関関係が、どのような数値として表されるかを検討してみることにした。

大谷3号窯の釉調や胎土に関して、その色別に分光反射率のグラフを作り、そのラインの動きやピークの位置を比較したところ、胎土の色別の分光反射率の違いが明確に分かる一方、釉調の分光反射率に胎土の分光反射率の影響の見えるもの、胎土の分光反射率と無関係な独立した緑色のピークが認められるものなど、釉色や釉の厚さに伴う分光反射率の傾向を分類して見出すことができた。これは釉そのものの色の姿を波長ごとの分光反射率の推移の傾向として取り出せる可能性をも示しているだろう。

3. 復元実験について

低火度焼成で鉛釉の緑釉陶器を想定し、忠実に作るのが最善ではあるが、まずは作るのが困難でない、高火度焼成の灰釉である一般的な陶芸材料から実験を始め、まず銅や鉄などの呈色剤を用いた釉薬の焼成実験を行った。実験に用いた小型電気窯は、日陶科学(株)製のSTD-NU 還元仕様であり、手順は以下のとおりである。

①テストピースを作り（粘土は岐阜の五斗蒔土）、800 度（8 時間）で素焼きを行った。②その後、釉薬を配合して、テストピースに掛けた。釉薬は石灰透明釉（1号釉）を基礎釉として、合成土灰、呈色剤として弁柄、酸化銅を用い、配合比を変えていくつか作成した。③本焼成は最高 1230 度で 12 時間かけて行った。釉掛け・本焼成は 3 回実施したが、うち酸化焼成が 2 回、還元焼成が 1 回（還元がうまくいかず結果は酸化焼成と同様になった）である。

4. おわりに

以上のように、緑釉陶器の釉調や釉薬、胎土の色について客観的に示すためには、いろいろなアプローチが必要となる。これから実験のテストピースの色や成分について解析を進める予定であり、一方、実際の緑釉陶器のデータも蓄積し、実験結果との比較分析を行うことで、緑釉陶器の産地差や技術差といった問題に迫っていきたい。

本発表は、平成 25～27 年度科学研究費　若手研究(B)「平安期緑釉陶器の色彩学的研究」の成果の一部である。

図3 本焼成後のテストピース

参考文献

田中由理 2012「緑釉陶器の色彩学的検討」『篠窯跡群大谷3号窯の研究』大阪大学考古学研究室篠窯調査団

下馬周辺遺跡出土鎧の調査・保存処理
Investigation and preservation of armors excavated in Geba shuhen site in Kamakura City

○初村武寛、塚本敏夫、川本耕三、山田卓司、岡田一郎（公益財団法人元興寺文化財研究所）、
植山英史（公益財団法人かながわ考古学財団）

１．はじめに

平成24～25年度において、鎌倉市下馬周辺遺跡出土の甲冑類の保存処理を行う機会を得た。この甲は金属製の部位が良好な状態で遺存するのみではなく有機質製の部位についても良好に観察・調査することができた。その保存処理および分析の結果について報告する。

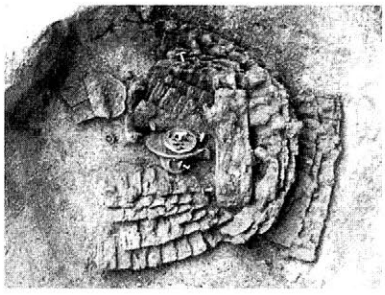


図１　鎧の出土状況

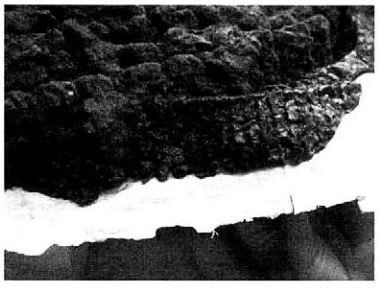


図２　鉄小札列と革小札列

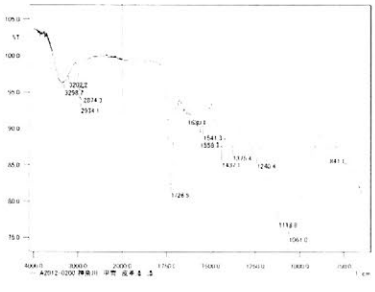


図３　塗膜のATR-FTIRスペクトル

２．下馬周辺遺跡と検出遺構と出土鎧の特徴

下馬周辺遺跡は鎌倉市由比ヶ浜２丁目11番地に位置する遺跡である。遺跡は砂地に形成されたもので、近世・中世の遺構が検出された。

中世の遺構では、埋納・埋葬遺構や、竪穴建物遺構などが検出されている。このうち、竪穴建物遺構の床面に掘られた遺構から、土器類、刀、鎧、銭が出土している。

鎧は、深さ20～30cmに掘りこまれた竪穴遺構より、裏面を上面に向けて出土した（図１）。鎧は札を主体としたものであるが、障子板・鳩尾板・栴檀板・総角付金物・鋲などが伴うが、大袖や兜などは共伴していない。

総角付金物や鋲については菊形のものと鳥形のものが存在することから、鎧は２領存在したものとおもわれる。

鎧は、搬入された状態で既に遺構の土が除去されており、出土状況から反転された状態（表面を上面に向けた状態）であった。裾部には黒色の塗膜が帯状に認められ、革製の小札が存在する可能性があった（図２）。

３．理科学分析による鎧の分析

鎧には、有機質が良好に遺存する箇所が認められるとともに、黒色の塗膜などが存在した。鎧の構造や履歴を確認することを目的とし、ATR-FTIR分析、蛍光X線分析、鉛同位体分析を行った。

黒色塗膜の材質の同定のためATR-FTIR分析を行った。結果として漆に特有のスペクトルが認められたため、漆であることが確認された（図３）。断面観察では、表面から薄い黄褐色漆、濃い黄褐色漆層があり、その下層には部分的に黒い下地層を確認した（図４）。革を本体とし、その表面に漆を塗った

革小札であるものと考えられる。

蛍光X線分析では、銅製品について実施した。総角付金物について金や水銀が検出されたため、劣化が進んでいる資料についても同様に鍍金が存在した可能性がある。

鉛同位体分析※1は、菊形と鳥形の総角付金物よりサンプリングを行った。分析の結果として、中国華南産の特徴を示した。鎌倉～室町時代の銅製品と類似点が多く確認され、当時に日本列島内で流通していた典型的な素材を用いている可能性が高いことが確認された（図５）。

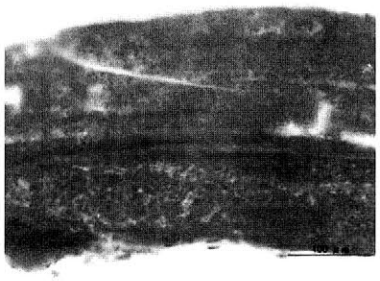


図４　塗膜の断面

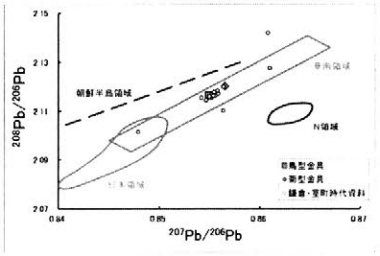


図５　総角付金物と同時代資料の鉛同位体比（A式図）

４．鎧の保存処理と活用

保存処理の方針　メタルチェッカーを用いた調査により、鎧本体に鉄のメタルが遺存しないことを確認した。先述した有機質や漆膜の保護を加味し脱塩処理は行わないこととした。

鎧は、発泡ウレタンをバックアップとした状態で搬入された。出土した遺構が砂質の土壌であったこと、および先述したとおり革小札と有機質が良好に遺存していたため、樹脂の浸漬では崩壊のおそれがあった。そのため、鎧へ樹脂を滴下し内部より強化することとした。滴下する樹脂はパラロイドB72とし、内部へ浸透させるため濃度の薄いものを用い、徐々に濃度を上げた。さらに遺物の表面を樹脂の塗膜でコーティングし、外気を遮断した。

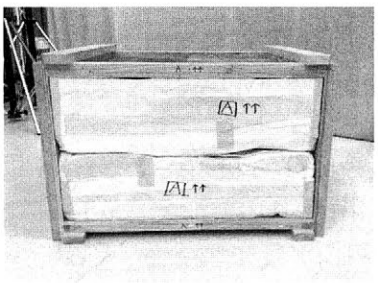


図６　梱包・反転用箱の構造

鎧の活用　小札の重なりなどからみれば、出土時の面は鎧の裏面であったため、展示台を作成する際はその反対面を上面に向けることとした。しかし、鎧の表面・裏面はともに有機質や小札の構造等を確認できることから、表面と裏面の両面を実見できる状態にする必要があった。梱包と遺物の反転を行う箱を作成し、これを可能とした（図６）。こうした活用と現状の状態の記録として、３次元計測および実測図の作成を行った。

５．おわりに

下馬周辺遺跡出土鎧については、保存処理を経て強化するとともに、材質分析などの基礎調査から展示活用を見据えた検討を行うことができた。ただし、鎧の出土時の状況をみると鎧の周辺に黒色のものが広がっており、現在遺存する以上に革小札表面の漆の塗膜が存在した可能性があった。革小札を使用する事例は近年多く確認され始めているが、いずれも周辺に金属製品が存在する事例が多い。金属製品から離れた状態になると、こうした漆膜や有機質は認識できないケースが多いため、こうした製品を形として遺すには、周辺の土ごと切り取り室内に持ち込み、精査していく必要がある。今回の事例が、今後出土する資料に活用されることを期待したい。

※１　鉛同位体比分析については、別府大学文学部平尾良光教授に依頼した。記して感謝申し上げます。

白山信仰関連文化遺産の複眼的記録と一元管理による文化資源の創造と持続的活用

Creation and sustainable use of cultural resource by documentation of cultural heritage from various aspects

○山口 欧志(帝塚山大学)、阿部 来(福井県勝山市教育委員会史蹟整備課)、
宇野 隆夫(帝塚山大学)

1. はじめに

本プロジェクトでは、白山信仰関連文化遺産を様々な方法を用いた記録調査を実施して、取得した情報をGISで一元的に管理し、文化遺産の維持管理、研究、教育や観光への還元など一般社会への貢献を体系的に行っている。

本発表では、このプロジェクトのうち、2つの成果を報告する。まず、福井県勝山市に所在する白山神社本殿前大石垣と拝殿跡の礎石を対象に、3次元レーザースキャナによる計測をおこない、現在の学術的検討に耐えうる詳細な測量図を作成した結果と、これをふまえた検討を報告する。

次に、白山禅定道の踏査を実施し、GNSS端末を用いた歩行軌跡の記録と重要地点の360度パノラマ作成を実施した。この方法により、白山禅定道における具体的な歩行負荷の軽重を数値化して定量的に評価可能にするとともに、禅定道の信仰景観の客観的に記録し、白山の文化的景観を検討する重要な資料を得ることができた。その成果を報告する。

2. 対象と方法

・白山神社本殿前大石垣および拝殿跡礎石の資料化

白山平泉寺本殿前の大石垣の築造は、16世紀に記された『朝倉始末記』によると16世紀と伝えられる。大きさは最大のもので横約5m、縦約2.5mを測る石材が使用されており、往時の全国有数の盛行を示唆する。拝殿跡礎石は、約100年前の測量調査により東西12m、南北約82mの規模であることが明らかにされた以降、新たに十分な精度の記録は無かった。

そこで、白山神社本殿前大石垣および拝殿跡礎石の詳細な3次元形状と色情報を得るため、白山神社本殿前大石垣および拝殿跡礎石を囲むよう、FARO社Focus3Dを用いて33地点で3次元計測を行った。調査成果は、国土座標を付加させ、GIS上で管理している。

・白山禅定道の記録

白山禅定道は、717年に泰澄が開山したと伝えられる霊峰白山に至る道で、平安時代前期には成立したとされる信仰・修行の場であった。この白山禅定道のうちの一つが越前禅定道であり、その始点が勝山市に所在する白山平泉寺である。この道中には祠や伏拝が設けられ、信仰景観を構成していた。

そこで、この越前禅定道の景観を調査するため踏査した。踏査の軌跡はハンドヘルドGNSSで記録し、歩行時の視界はGPS搭載アクションカムSony AS30Vで記録した。また遥拝所などの重要地点ではハンドヘルドGNSS端末とミラーレスデジタルカメラおよび魚眼レンズを用いてジオタグ付き高解像度パノラマ画像用写真を撮影し、周囲360度の景観を記録した。

3. 結果

図 1　測量成果から作成した大石垣立面図の一部

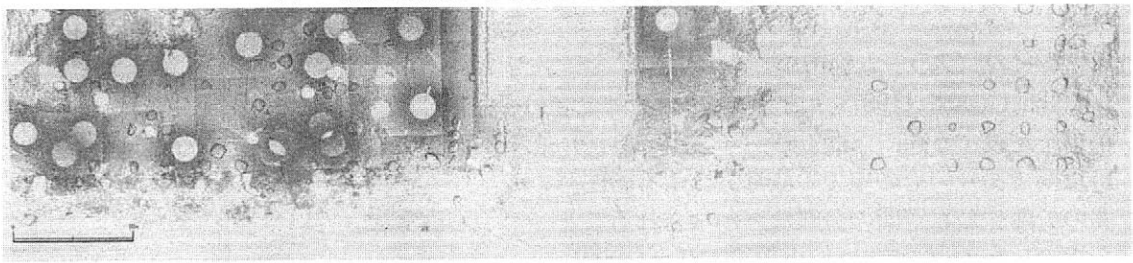


図 2　拝殿跡礎石の測量成果

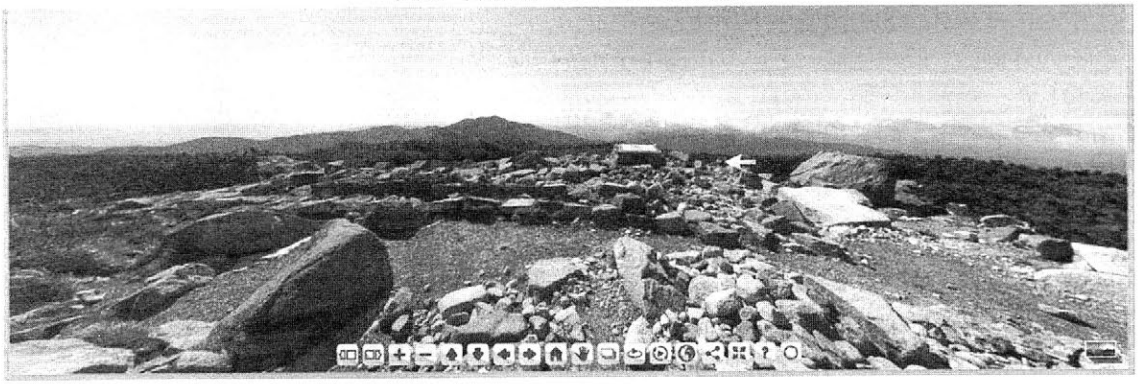


図 3　越前禅定道のヴァーチャルツアー（白山室堂南の遥拝所）

3 次元レーザースキャナによる計測により、これまで困難であった白山神社本殿前大石垣および拝殿跡礎石の資料化を行い、これを元に往時の設計計画の検討し、旧拝殿の復元などを行った。また保護・保存に必要な学術的検討に必要な情報を得ることができた。白山禅定道の記録では、白山禅定道の一部を資料化し、今後の信仰景観の検討に必要な資料を得ることができた。

4. 課題と今後の展望

大石垣や礎石は、クラックや破損などの劣化を看取できる。今後も記録を継続し、今後の保存・保護に活用したい。また白山禅定道の調査は今年度も引き続き実施する計画である。

謝辞

本発表は、福井県ふるさと創造プロジェクトによる勝山市「白山平泉寺全国発信プロジェクト」の成果の一部である。勝山市平泉寺白山神社と白山比咩神社のご協力を賜りました。あわせて環境省白山事務所にも御理解をいただきました。記して感謝の意を表します。

オマーン国沿岸域の港湾都市遺跡およびマリーンイスラーム都市構造の評価
- スールとラス・アル・ハッドを中心として -
Evaluation of Marine Islamic urban structure and the port city in Oman coastal areas
- Forcus on Sur and Ras al Hadd -

○福原啓介(同志社大学文化情報学研究科)、津村宏臣(同志社大学文化情報学部)、
大場春菜(同志社大学文化情報学研究科修了生)

1. オマーンとイスラーム都市

J. abu-Lughod (1987) は、かつてイスラーム都市を定義する際に、法的規定(イスラーム法)が重要であり、その中での法身分による居住空間の分離や公私空間の分離などがなされることを指摘した。また、Wirth(1982)やEhler(1992)らは、イスラーム都市について一般化をはかり、①中心にモスク、②周辺にマドラサとスーク、③その外側に一般居住域、という円環モデルを提起した。ただ、三浦 (1991) がイスラーム都市とアラブ都市を同一視する傾向の問題点を指摘して以降、マシュリク (東アラブ) やマグリブ (西アラブ)、ペルシャ、トルコ、中央アジアなど多様な都市構造研究が進み、都市宗教であるイスラームとその世界における交易結節点としての都市のあり方が議論されてきた。一方で、同一の法的規定の範疇から外れる世界との結節点であったことが考えられるオマーンでは、こうした都市構造研究は深化していない。海域を通じてメソポタミア、インダス、エジプトの各文明域 (異世界) と連結し、古代-中世期以降はインド洋交易の主要な交易中継地となったオマーンにおける都市構造の解明をめざし、調査と研究を進めた。

Fig. 1研究対象域

Fig. 2　先史・古代遺跡分布

本研究では、6 世紀以降アラビア海、インド洋交易の中核として交易都市を形成し続けてきたスールと、隣接するアイガ、その周辺で南部から移住してきた”民”によって形成されたと口承されるラス・アル・ハッドの都市構造を、現地調査とGISを用いた定量分析から明らかにし、マリーンイスラームのあり方を検討する。

2. 現地調査とデータ化・ネットワーク分析

現地では、衛星画像に併せた街路の区分 (交通量) を設定し、街路の交差点をノードとするデータ化を実施した。また、現地カウンターパートの協力のもとハーラを調査し、各都市での

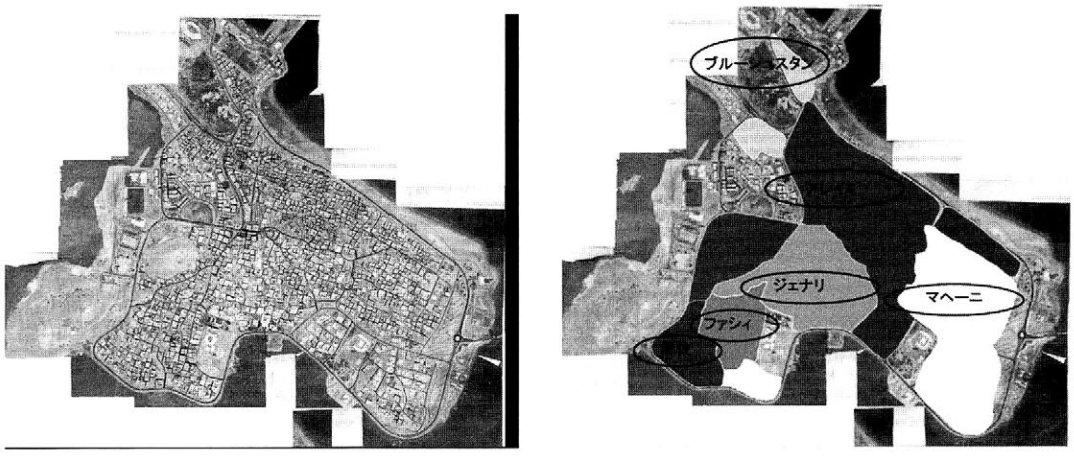


Fig.3　現地調査データ（左）と血族居住構造（ハーラ：右）調査結果

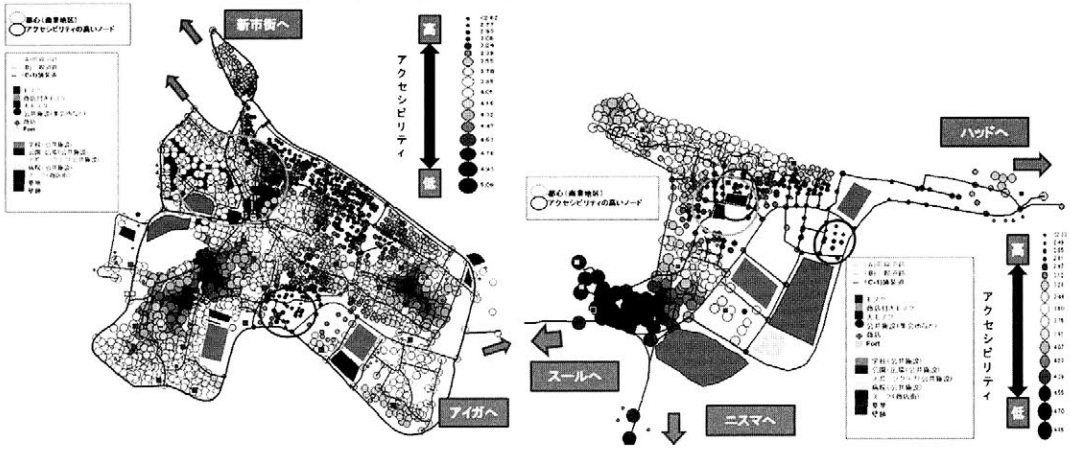


Fig.4　アクセシビリティーの定量化と空間要素の分布比較（スール・アイガ）

血族居住構成と空間構成要素（商店・宅地・モスクなど）のデータ化を実施した（Fig. 3）。データはGISに格納され、各ノードのアクセシビリティーについて、ネットワーク分析を実施した。対象ノードから全てのノードへのリンク数を最小経路で析出し、これを累積したアクセシビリティー分布図を作成(Fig. 4)、これとイスラーム都市の中核と言われるモスク、マドラサ、居住域などとの空間相関とを求めた。

3. 結果と文化景観保存のための応用

6 世紀からの交易都市であり現在も多くの移民や貿易船を受け入れるスールについては、イスラーム法によらないハーラと、モスクを中心としない都市構造が存在することが明らかとなった。また立地的には対岸に隣接するが漁民を中心とした地場経済を中心とするアイガやラス・アル・ハッドは、アクセシビリティーの重心とモスクが空間相関が高く、いわゆるイスラーム都市構造の一般モデルに該当することも明らかとなった。

オマーンにおけるマリーンイスラームの歴史的文化景観はスールに連綿と残る。それは景観を生態としてとらえ、人々の「可変的」で再生産される対象として把握して初めて文化景観保存へとつながるのだろう。その意味で、文化景観の範囲の析出や再現性のある定量評価の議論は、“変化をモニタリングして制御する”研究の方向性で深化させる必要があるといえる。

※なお本研究は科学研究費・基盤研究（B）（23401033）の研究成果による

化学組成によるサーサーン・ガラス容器の起源推定：高エネルギー放射光蛍光X線分析法の応用

Provenance study of Sasanian glass vessels by chemical compositional analysis: application of high-energy synchrotron radiation X-ray fluorescence analysis

○阿部 善也（東理大・理），四角 隆二（岡山市立オリエント美術館），
八木 直人（SPring-8/JASRI），中井 泉（東理大・理）

○Yoshinari ABE (Tokyo University of Science), Ryuji SHIKAKU (Okayama Orient Museum),
Naoto YAGI (SPring-8/JASRI) and Izumi NAKAI (Tokyo University of Science)

1. はじめに

希土類元素に代表される古代ガラス中の重元素組成は，使用された原料の種類や採取地を強く反映することから，その起源推定にきわめて有効な指標となる。これらの重元素はガラス中に ppm オーダーまたはそれ以下のごく低濃度で含まれるため，高感度な分析手法が必要とされる。近年では古代ガラス研究におけるレーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法（LA-ICP-MS）の普及により，こうした微量重元素に着目した研究が数多く行われるようになった[1]。しかしながら LA-ICP-MS は微量ながら分析試料の損失を伴うため，適用できる対象には限界がある。我々はppmオーダーの微量重元素の分析法として高エネルギー放射光蛍光X線分析法（HE-SR-XRF）[2]に着目し，大型放射光施設 SPring-8 の 116 keV の高エネルギーX 線を励起光として用いる同法を古代ガラスの非破壊分析に適用し，起源推定に有効な重元素を高感度で分析できることを実証した[3]。

本研究では，同分析手法を岡山市立オリエント美術館所蔵のサーサーン・ガラス容器の分析へと適用した。サーサーン・ガラスはサーサーン朝ペルシア（226–651 年）の版図内で製作されたガラス製品を指し，日本国内からも正倉院宝物「白瑠璃碗」を始めとして数点の出土例があることから，当時の東西交流を議論する上で不可欠な重要資料の一つである[4,5]。その一方で，博物館資料となったサーサーン・ガラスの大部分は盗掘品であり，起源の明らかな資料の研究例がきわめて少ないことから，その製造地や様式編年など，サーサーン・ガラスには未解決の問題が多く残されている。そこで本研究では，美術館所蔵のサーサーン・ガラス容器を HE-SR-XRF により非破壊で分析し，得られた重元素情報を出自の明確なサーサーン・ガラスの出土資料片の ICP-MS による分析結果[6]と比較することで，その起源を推定した。

2. 実験方法

116 keV の高エネルギー励起 X 線を用いる HE-SR-XRF 測定は SPring-8 の BL08W において行われた。測定の様子を **Fig. 1** に示した。BL08W は SPring-8 で唯一のウィグラービームラインで，100 keV 以上の高エネルギーの単色 X 線を利用できる。楕円ウィグラー光源からの高エネルギー放射光を二重湾曲結晶 Si（400）のモノクロメータで 116 keV に単色化し，励起 X 線として用いた。検出器には Ge 半導体検出器を用いた。同分析法を用いた先行研究[3]から，起源推定に有効な微量重元素を非破壊で検出するために必要な積算時間は 1 点あたり 3600 秒（live time）と見積もられた。30～60 keV の範囲に K 線が検出される Cs から W までの 19 元素について，ガラス標準物質 SRM613（NIST 製）を用いて蛍光 X 線強度（コンプトン散乱にて規格化）から濃度（ppm）へと換算するための感度係数を算出した。測定は全て大気中で，非破壊で行われた。

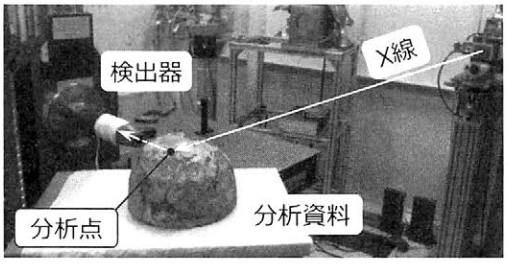


Fig.1 HE-SR-XRF測定風景

分析したサーサーン・ガラス容器資料は，岡山市立オリエント美術館に所蔵されたサーサーン・ガラス容器 17 点である。最も多いのは「白瑠璃碗」類例の円形切子装飾のガラス碗（8 点）であり，他に浮出切子装飾の容器 2 点（碗 1 点，舟形坏 1 点），突起装飾碗 3 点（薄手 2 点，厚手 1 点），壺・瓶 3 点およびアーケード状文台付杯 1 点を分析した。なお本研究で扱った全ての資料に対して，放射光実験に先立ち可搬型の軽元素対応型蛍光 X 線分析装置（OURSTEX 100FA-IIL）を用いた非破壊化学組成分析を行った。

3. 結果および考察

可搬型の蛍光X線分析装置を用いた化学組成分析により，本研究で扱う17点のサーサーン・ガラス容器は，いずれも融剤として植物灰を用いていることが明らかとなった。**Fig. 2** に突起装飾薄手碗と円形切子装飾碗のHE-SR-XRF スペクトルの比較を示した。ピーク強度に明確な違いが見られるが，これらの資料には意図的な着色剤の添加が行われていないことから，この重元素組成の違いは基礎ガラス原料にあたるシリカ源・石灰源・融剤(植物灰)のいずれかの違いに起因するものと考えられる。

イラクのヴェー・アルダシール(VA)より出土したサーサーン・ガラス片に対して，ICP-MSによる化学組成分析が行われており，組成的特徴によって 3 種類(Sasanian 1a, 1b, 2)に大別できることが報告された [6]。このうちSasanian 1aは他の2つの組成タイプに比べて明らかに高濃度の重元素，特に希土類元素を含み，またVAにおいてこの組成タイプはサーサーン朝初期(3～4 世紀)に出土数が多いという特徴が見られた。HE-SR-XRF により重元素に富むことが明らかとなった突起装飾薄手碗は，このSasanian 1aと対応する組成を持つものと考えられる。また推定されるその製作年代(3 世紀後半～4 世紀 [7])も，VAにおけるSasanian 1aの資料の出土状況とよく一致した。これに対し，HE-SR-XRF 分析により円形切子装飾碗は重元素をほとんど含まないことが判明したが，これはVAにおけるSasanian 2と対応する組成を持つことを表している。Sasanian 2は不純物の少ないシリカ源を原料とするガラスの組成タイプであり，他の2つの組成タイプとは異なる種類の植物灰を用いていることから，VAにおいては「輸入品」であった可能性が指摘されている。VAにおいてこの組成タイプはSasanian 1bと共に末期(6～7 世紀)まで出土が見られ，考古学的に比定された円形切子装飾碗の製作年代(6～7 世紀 [5])とも矛盾しない。本研究で分析した 8 点の円形装飾切子碗はいずれも重元素をほとんど含まず，感度係数法により求めた重元素の半定量値はSasanian 2の濃度範囲に収まった。同様に他の資料についてもVA出土ガラスにおける3種類の組成タイプとよく対応し，HE-SR-XRF がサーサーン・ガラスの起源推定に有効であることが示された。特に円形切子装飾碗のうち3点は著しく表面が風化し，可搬型蛍光X線分析装置を用いた分析から風化による組成変化が危惧されたが，今回分析した 8 点の円形切子装飾碗の重元素組成にはほとんど差は見られなかった。この結果は，透過力の高い高エネルギーX 線を用いることで，風化による影響の少ない内部からの情報を検出できることを意味している。以上より，HE-SR-XRF によって貴重な美術館資料でも壊すことなく信頼性の高い組成的特性化が行えることを実証できた。

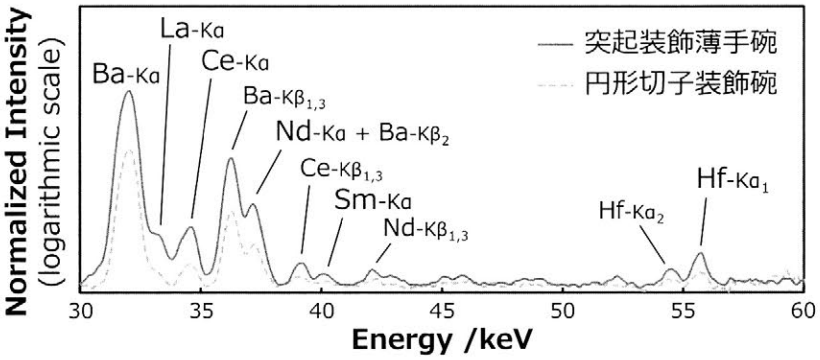


Fig.2 HE-SR-XRFスペクトルの比較

【参考文献】

1) Shortland, A. J. *et al.*: *Journal of Archaeological Science* **34**, 781–789 (2007).
2) Nakai, I.: "High energy X-ray fluorescence" in *X-ray Spectrometry: Recent Technological Advances* (K. Tsuji, J. Injuk and R.V. Griken eds.), John Wiley & Sons, Ltd, pp. 355–372 (2004).
3) 阿部 善也 ほか:『X 線分析の進歩』**45**, 251–268 (2014).
4) 深井 晋司:『オリエント選書 12 ペルシアのガラス』東京新聞出版局 (1983).
5) 谷一 尚:『ものがかたる歴史 2 ガラスの考古学』第 2 版, 同成社 (2007).
6) Mirti, P. *et al.*: *Journal of Archaeological Science* **36**, 1061–1069 (2009).
7) 四角 隆二:『ペルシアの宝物 –至高のガラスと銀の世界–』pp.24–27, 岡山市立オリエント美術館 (2010).

化学組成分析によるローマ期およびビザンツ期のエジプト出土ガラスの起源推定

Provenance study of Roman and Byzantine Egyptian glasses by chemical compositional analysis

○ 内沼　美弥（東理大・理），阿部　善也（東理大・理），山花　京子（東海大・文），
中井　泉（東理大・理）

1. はじめに

紀元前後 1 千年紀の西アジアおよび地中海地域で生産されていたガラスは、基本的に全てソーダ石灰ガラスに分類される基礎ガラス組成であり、60～70 wt%のシリカ（SiO_2）を主成分とし、融剤として 10～20 wt%のソーダ（Na_2O）と安定剤として 10 wt%弱の石灰（CaO）を含む。古代のソーダ石灰ガラスは、生産された地域や時代によって原料の種類や採取地に違いがあり、化学組成等に基づく分類が可能である。特に融剤としてソーダ鉱物（ナトロン）を用いたナトロンガラスは、融剤は全てエジプトで得られたものを使用していたが、砂の採取地には複数あり、いくつかの化学組成タイプに分類されることが明らかとなっている[1-3]。ローマ帝国期は Roman blue-green（RBG）type と呼ばれる組成タイプのみだが、4 世紀以降のビザンツ期においては東地中海沿岸地域で生産された Levantine type と、砂由来の不純物を多く含む High Iron Manganese Titanium（HIMT）type の 2 種類に大別される。HIMT type はこれまでの研究によってエジプト起源と推定されているが[2]、実際にエジプト出土のローマ・ビザンツ期のガラスの化学的な研究例は少ない。そこで本研究では、ローマ・ビザンツ期のエジプトにおけるガラス生産・流通の重要拠点とされるカラニス遺跡から出土したガラス片に着目し、非破壊組成分析による特性化から細分化および起源推定を行った。

2. 実験方法

分析資料は、東海大学所蔵「鈴木コレクション」のうち、エジプトのカラニス遺跡出土のガラス片 44 点である。資料を色によって 9 グループ（緑色、オリーブ色、薄緑色、水色、黄色、ピンク色、無色、黒色、紺色）に分類し、うち意図的な着色が行われている紺色を除く 8 グループについて分析を行った。化学組成分析には可搬型蛍光 X 線装置 OURSTEX 100FA[4]を用いた。本装置は X 線の単色化による微量重元素の高感度分析に加え、検出器の改良および真空チャンバの搭載による Na や Mg などの軽元素の分析が可能となっている。蛍光 X 線スペクトルから検量線法を用いて、主成分から微量元素までの全 19 元素の酸化物換算濃度を算出した。装置を東海大学湘南キャンパスの収蔵庫内に持ち込み、全ての分析は非破壊で行われた。

3. 結果および考察

本研究で分析したカラニス遺跡出土のガラス片についてシリカ源由来の不純物に着目した化学組成の特性化を試みた結果、前述の 3 種類のナトロンガラスのタイプのうち、RBG

type と HIMT type の 2 種類が存在することが明らかとなった。特に 14 点は消色剤として Sb を含み、これは RBG type のみに見られる組成的特徴とされる [1)]。HIMT type のガラスは幅広い組成範囲を持ち、先行研究中 [1~3)]で Fe 含有量により高 Fe・中 Fe・低 Fe という 3 種類に細分化されることが指摘されていたが、カラニス遺跡からはこれら 3 種類の HIMT type が全て見つかった。分析したガラス片のうち HIMT type の可能性がある 30 点を先行研究 [1)] のとおりに Fe_2O_3 定量値から 3 種類に分類し、ZrO_2 と TiO_2 定量値をプロットしたものを Fig. 1 とした。Zr と Ti はシリカ源由来の不純物である。Fig. 1 のとおり、3 種類の HIMT type のガラスは全て同一の組成的傾向を示した。HIMT type のガラスの原料は、Fe などの不純物を多く含むエジプト由来の砂と、RBG type のガラス生産に使用されていた地中海沿岸の砂が混合したものであると指摘されているが [2)]、本研究でも HIMT type の組成的傾向の延長線上に RBG type が位置し、両者の組成的関連性が示される結果となった。さらに本研究で分析した HIMT type のガラスの一部から、ごく微量の Cu や Sb が検出された。これはガラスの生産工程におけるリサイクルを表すものである。これまで HIMT type のガラスからリサイクルの痕跡を見出した例はなく、また Sb は前述のローマ期に特徴的な消色剤であると考えられることから、ローマ期のガラス片がビザンツ期のガラス生産で再利用されていた可能性が示唆された。当日は、ここで示した 44 点のデータだけではなく、新たに分析した 115 点のデータを加え、発表する予定である。

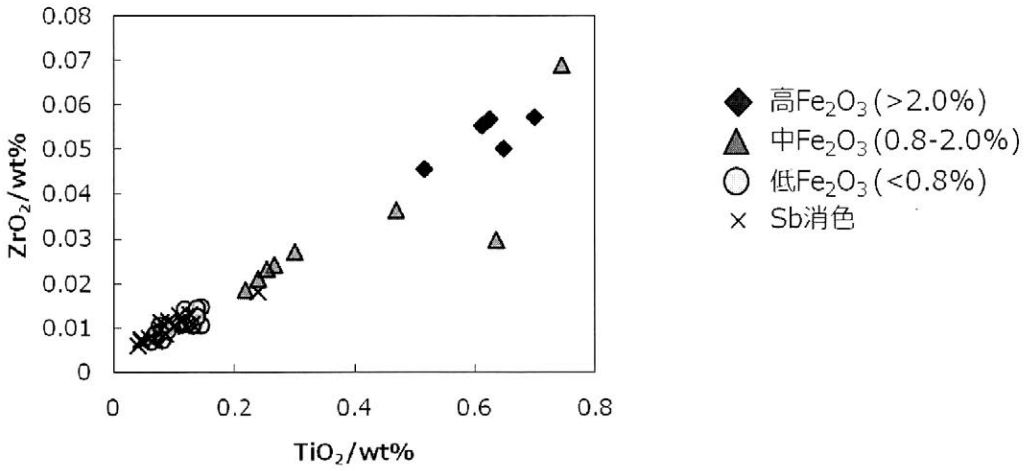


Fig.1　ZrO_2 *vs.* TiO_2 プロットによるカラニス遺跡出土ガラス片の組成的特性化

【参考文献】

1) Foster, H.E. & C.M. Jackson: *Journal of Archaeological Science* **36**, 189-204 (2009).

2) Freestone, I.C.: in *Annales du 16e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*. London, UK, 2003, Nottingham, 153-157 (2005).

3) Foy, D. *et al.*: Charactérisation des verres de la fin de l'Antiquitéen Méditerranée occidentale: l'emergence de nouveaux courants commerciaux, 41-85 (2003).

4) Abe, Y. *et al.*: *Journal of Archaeological Science* **39**, 1793-1808 (2012).

赤外分光分析法および粉末X線回折分析法による緑土の検討

A Study on terre verte Using by Infrared Spectroscopy and Powder X-ray Diffraction Method.

○奥山誠義(奈良県立橿原考古学研究所), 鶴真美(奈良県立橿原考古学研究所), 池田裕英(奈良市埋蔵文化財調査センター)

○Masayoshi Okuyama*1, Mami Tsuru*1, Hirohide Ikeda*2

*1:Archaeological Institute of Kashihara, Nara Prefecture

*2: Nara city Archaeological Research Center

はじめに

奈良市西大寺赤田町所在の赤田横穴墓群の発掘調査により, 6世紀から7世紀に作られた横穴墓が確認され, その複数基から計11基の陶棺が出土した[1]. そのうち9基は格子模様の亀甲形陶棺で, うち1基だけ赤と緑で色分けされていた. 緑色部分を材料調査したところ, 緑色顔料として多くみられる緑青ではなく, 緑土である可能性が示唆された. 緑土とは, 緑色粘土鉱物系顔料の総称であり, 一般的に海緑石あるいはセラドナイトを指している[2]. 海緑石とセラドナイトは, ほぼ同じ元素から成りその化学組成式が異なる(Table.1). 雲母系粘土鉱物に属する[3]が, その成因は全く異なるとされている[4]. これまで多くの研究者によって北部九州地方の装飾古墳[5]や古墳出土埴輪[6], 弥生時代木製盾[7]に使用されていた緑色顔料が緑土であったことが報告されている. これらの研究では主に蛍光X線分析法(XRF)やX線回折分析法(XRD)を用いて高精度な分析が成され, ほとんどの緑土はセラドナイトである可能性が示唆されている[5-7]. 赤外分光分析法(IR)は原子間の結合や分子構成に基づく振動スペクトルを観測・分析する手法であり, 粘土鉱物にも有効な手法の一つである[3]. これまで壁画や絵画材料に用いられた緑土の研究において利用されている[8,9].

本研究では, 赤田横穴墓群出土亀甲形陶棺彩色顔料ならびに国内各地から得られた緑土について, これまで実績のあるX線回折分析法とともに赤外分光分析法を併用し, 緑土について比較検討した.

Table 1 海緑石とセラドナイト[3]

鉱物名	英名	化学組成式	産状
海緑石	glauconite	$K_{0.85}(Fe^{3+},Al,Mg,Fe^{2+})_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$	堆積岩中の緑色鉱物
セラドナイト	celadonite	$K(Mg,Fe^{2+})(Fe^{3+},Al)Si_4O_{10}(OH)_2$	火山岩中の変質鉱物

1. 資料

赤田横穴墓群出土亀甲形陶棺彩色顔料は, 微少量の試料を採取し, さらに実体顕微鏡下で可能な限り緑色粒子のみを選出し各調査に供した. 鉱物として入手した緑土は, 下記産地の海緑石及びセラドナイトであり, 緑色粒子あるいは緑色部分を選び出し各調査に供した.

◆海緑石(海緑石砂岩含む)4点(産地:山形県, 石川県, 神奈川県, 新潟県)◆セラドナイト3点(産地:静岡県, 石川県, 岐阜県)

2. 方法

陶棺彩色顔料は, 蛍光X線分析によりおおよその材料調査を行った後, 赤外分光分析(IR)及び粉末X線回折分析(XRD)をおこなった. 海緑石およびセラドナイトについては, 観察の後, IR測定(ATR法)及び粉末X線回折分析をおこなった. なお, XRDは卓上粉末X線回折分析装置および大型放射光施設(SPring-8)BL19B2設置の粉末X線回折装置(Proposal No.2013B1553)を利用した.

3. 結果

各測定の結果を Fig.1～2 に示す. ここでは紙面の都合上, 赤田横穴墓群 3 号棺(以下, 赤田試料), 海緑石(山形県産), セラドナイト(静岡県産)の 3 試料の結果を示した. 絵画材料の分析例[9]によれば, IR による海緑石とセラドナイトの識別は, Si-O に帰属される 1000cm^{-1} 付近のピーク形状が, 前者はブロードを示し, 後者は 4 本の鋭いピークが現れるとされる. その点については, 3 試料に顕著な差異みられなかった. ピーク形状全体を検討すると, 赤田試料はおおむねb:セラドナイト(静岡県産)に酷似していることがわかる. 一方, XRD(SPring-8)については, 緑土の海緑石(山形県産)とセラドナイト(静岡県産)は, 各々の鉱物組成を示すが, 赤田試料ではいずれか明確な判断ができる結果は得られていない.

4. まとめ

本研究では, X 線回折分析法とともに赤外分光分析法を併用し, 緑土の分析を試みた. 赤田試料についてはセラドナイトの可能性もあるが, 他の収集鉱物との比較等を進め, 検討する必要がある. 粉末 X 線回折だけでは不明瞭な結果についても赤外分光分析の併用により検討可能であることが確認できた.

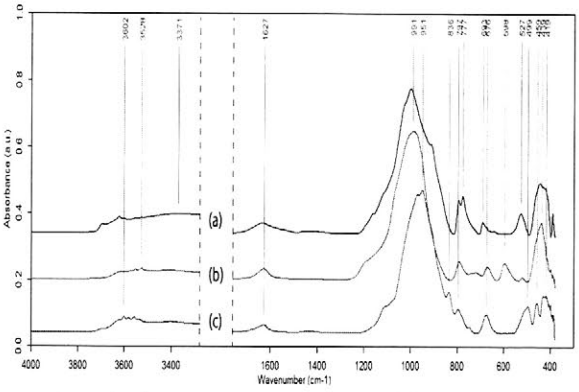


Fig.1 緑土の IR スペクトル(ATR 法)
a:赤田横穴墓群 3 号棺, b:セラドナイト(静岡県産), c:海緑石(山形県産)

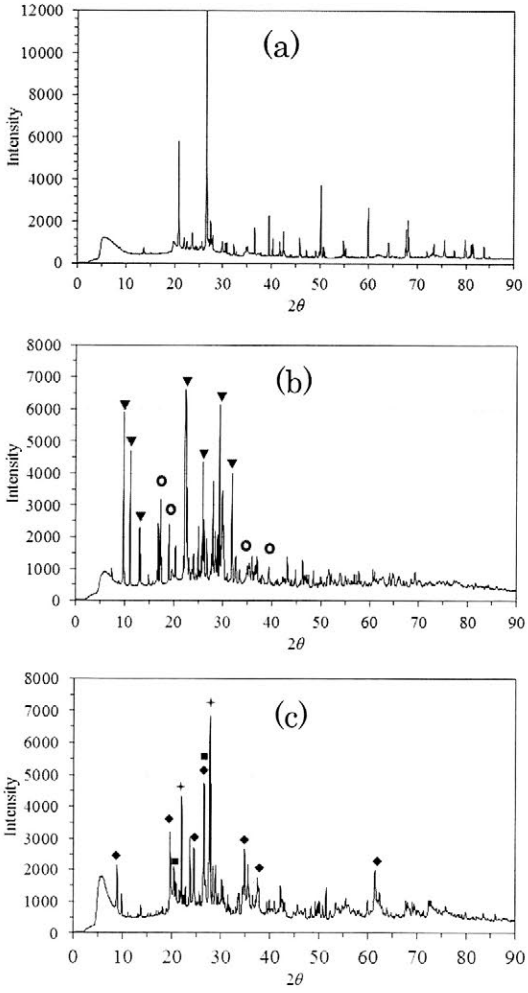


Fig.2 X 線回折スペクトル(SR-XRD)
a:赤田横穴墓群 3 号棺,b:セラドナイト(静岡県産),c:海緑石(山形県産),◎:celadonite, ◆:glauconite, ▼:heulandite, ■:Quartz, ✦:Anorthite

参考文献

1 安井宣也, 赤田横穴墓群の調査, 奈良市埋蔵文化財調査年報平成22(2010)年度 (2013), 114-121
2 すすき生 土繪具に就て(一) 地質學雜誌,27 (1920) 495-501
3 白水晴雄 粘土鉱物学-粘土科学の基礎- 朝倉書店 (2012)
4 林昇一郎, 海緑石及び緑土(Ceradonite)の成因と化學成分, 地学雑誌, 59, No.3 (1950)
5 中牟田義博ほか, ガンドルフィカメラによる装飾古墳顔料の検討, 岩石鉱物科学, 31 (2002) 330-333
6 朽津信明ほか,日本における緑色顔料「緑土」の使用について,考古学と自然科学, 46 (2004) 55-66
7 成瀬正和, 青谷上寺地遺跡出土盾の緑色顔料について, 鳥取県埋蔵文化財センター調査研究紀要 3 (2010) 1-6
8 Irene Aliatis et al. , Green pigments of the Pompeian artists' palette, Spectrochimica Acta Part A, 73 (2009) 532-538
9 Ligia Maria Moretto et al. ,Spectroscopic methods for the analysis of celadonite and glauconite in Roman green wall paintings, Journal of Cultural Heritage, 12 (2011) 384-391

収蔵および展示環境が考古資料の安定性に及ぼす影響に関する研究 -考古系博物館における温度および湿度環境の把握

Effect of Storage and Exhibition Environment on Degradation of Archeological Objects -Characteristics of temperature and humidity at archeological museum

○奥山誠義*1, 柳田明進*1, 北井利幸*2, 今尾文昭*1, 水野敏典*1, 西藤清秀*1, 菅谷文則*1,2
○Masayoshi Okuyama*1, Akinobu Yanagida*1, Toshiyuki Kitai*2, Fumiaki Imao*1, Toshinori Mizuno*1, Kiyohide Saito*1, Fuminori Sugaya*1,2
＊1:奈良県立橿原考古学研究所 Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture
＊2:奈良県立橿原考古学研究所附属博物館 The Museum, Archaeological Institute of Kashihara, Nara prefecture

1. はじめに

博物館において考古資料は展示中に劣化し，その形状が損なわれる場合がある．これは，考古資料を取り巻く環境が，その劣化に影響を及ぼしているためである．このうち，湿度は金属製および木製の考古資料の安定性に大きく関与する環境因子である．また，展示室における湿度は博物館の立地だけでなく，展示室の構造，および展示ケースの種類の影響よって，微視的には差異をともなうと考えられる．そのため，博物館の温湿度を把握するとともに，その微視的な環境の差異を把握することは考古資料を安全に展示するために重要である．本研究では，考古系博物館の一例として，橿原考古学研究所附属博物館の展示室に複数個のデータロガーを設置し，温度，相対湿度および照度の測定をおこなった．

Table.1 データロガー設置箇所と展示室概要

設置箇所	展示室	考古資料の材質	展示ケースの種類
no.1	第一	[illegible]	壁付
no.2	第一	石製品	独立
no.3	第一	土器	独立
no.4	第一	骨角器など	壁付
no.5	第一	[illegible]	独立
no.6	第一	金属製品	壁付
no.7	第二	金属製品	独立
no.8	第二	金属製品	壁付
no.9	第二	[illegible]	露出
no.10	第二	金属製品	壁付
no.11	第二	金属製品	独立
no.12	第二	金属製品	壁付
no.13	第二	金属製品	独立
no.14	第二	金属製品	壁付
no.15	第二	金属製品	壁付
no.16	第二	金属製品	壁付
no.17	第三	[illegible]、土器	壁付
no.18	第三	土器	壁付
no.19	第三	金属製品	壁付

2. 調査方法

当博物館には，資料の公開・展示が可能な空間として，博物館正面入口から順に，エントランス，講座室，特別展示室，第一～三展示室の計6つの空間が備えられている．各展示室では，壁付き展示ケース，独立展示ケース，露出展示，準気密展示ケースなどいくつかの種類の展示方法が混在する．また，当博物館の展示台は，特殊な場合を除き，おおむね展示室床面

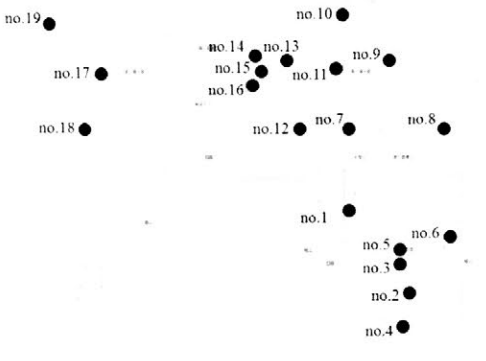


Fig.1 データロガー設置箇所

より40～55cm付近に展示資料が並ぶよう設置されている．本研究では，当博物館の展示空間における基本的な情報を収集するため，第一～三展示室の三室を調査対象地とし，その対象項目は各展示室の考古資料が陳列されている展示台上あるいは展示ケース内の照度，温度，湿度とした．測定には照度，温度，湿度の同時測定が可能なデータロガーOnset社製 HOBO U-12を用いた．測定は2013(平成24)年8月1日より開始し，1時間間隔で記録を行った．データロガーは，第一～三展示室の各展示室に3~10台，計19台設置した．データの蓄積状況等を考慮し，適宜データを抽出した．

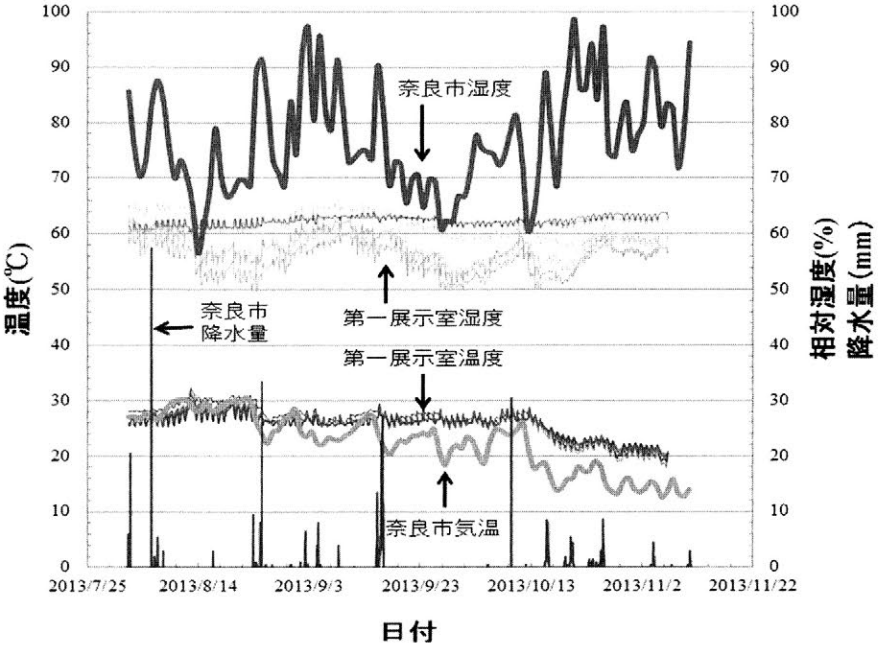


Fig.2 第一展示室温湿度測定結果

3. 結果

第一展示室の温湿度の測定結果をFig.2に示す．気象条件との比較のため奈良市(直線距離で約23km離れる)の気温・湿度と降水量を同時に示す．展示室には6台のデータロガーを設置した．第一展示室の相対湿度の変動は，第三展示室のそれよりも変動が大きいことが明らかとなった．また，第一展示室内においては，壁付き展示ケースよりも独立展示ケースの温湿度変動幅が小さいことが明らかとなった．

4. まとめ

博物館内の環境調査を実施した結果，(1)出入り口付近の展示空間は夏季に相対湿度が高い，(2)独立展示ケースは壁付き展示ケースに比べて，相対湿度の変動が小さく，湿気の移動が抑制される傾向を示した．当博物館では，展示空間，ならびに展示ケースの種類によって湿度環境はわずかに異なることが認められた．今後，環境変動の要因解析と適切な環境維持のための対策を検討する必要がある．

なお，本研究は，平成25年度日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(A):No.25242025, JSPS KAKENHI Grant Number . 25242025)「藤ノ木古墳出土品からみた考古系博物館における展示・公開に関する総合的研究」(研究代表:今尾文昭)の成果の一部である．

高松塚古墳出土青色顔料の成分分析

Identification of Blue Pigment excavated from Takamatsuzuka Moumded Tomb

○奥山誠義*1、北田正弘*2、柳田明進*1、西藤清秀*1、菅谷文則*1
○Masayoshi Okuyama*1,Masahiro Kitada*2 ,Akinobu Yanagida*1,
Kiyohide Saito*1, Fuminori Sugaya*1
＊1:奈良県立橿原考古学研究所 Archaeological Institute of Kashihara, Nara Pref.
＊2: 奈良文化財研究所・東京芸術大学 Nara National Research Institute for Cultural Properties / Tokyo University of The Arts

1. はじめに

高松塚古墳出土品は、その多くが昭和 48 年に国(文化庁)へ移管されたが、残土などの中に残されたもので移管されなかった一部の資料が奈良県立橿原考古学研究所附属博物館に保管されている。奈良県立橿原考古学研究所附属博物館では、平成 21 年から平成 23 年にかけてこれらを再整理し、『奈良県立橿原考古学研究所研究成果報告第 12 冊 高松塚古墳－奈良県立橿原考古学研究所附属博物館保管資料の再整理報告』[1]を刊行した。本研究は、これまで微細構造などの調査事例[2,3]がわずかであった高松塚古墳出土資料を研究対象とした成果を報告するものである。

2. 試料

試料は当研究所が保管する高松塚古墳出土資料の一部である。分析に供した試料は、再整理対象となった資料の中から青色物質が付着した小片一粒を選出した。マクロ像を Pic.1.に示す。青色付着物は、漆喰あるいは土の表面に顔料状に存在することから本研究では便宜的に「青色顔料」として調査したことをあらかじめご了承いただきたい。

3. 観察・分析方法

X 線回折分析(X-ray Diffraction Analysis: XRD)および走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope ; SEM)による非破壊分析を行った。XRD についてはリガク Ultima4(R=185mm)を以下の条件で用いた。XRD 測定条件＝X 線:CuK α (40kV-50mA)＋カウンタモノクロメータ, スリット: DS=1/2° (SS= 1°), RS=0.6mm,測定:1° /min。 SEM 観察については試料が絶縁体であるため、日本電子 JSM-7100F を用い低真空で観察した。

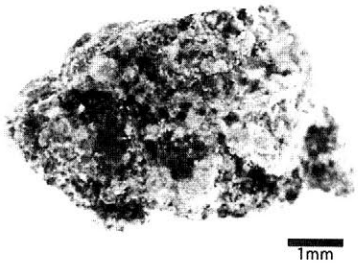
4. 結果

4-1 X 線回折分析

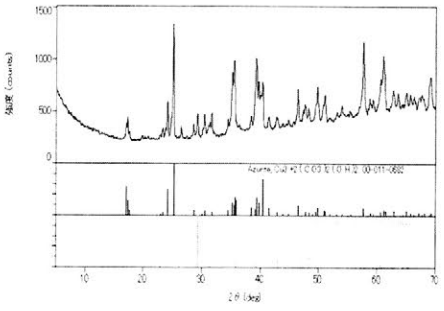
リガク Ultima4 による XRD は、試料台に載せた試料の任意の微小部分析が可能である。装置付随の CCD カメラにより取り込んだ試料画像を基に測定箇所を決定し測定した。測定の結果(Pic.2)、Azurite および Calcite を検出した。XRD より青色顔料が Azurite であることが示唆された。後者の Calcite は、漆喰由来であると考えられる。

4-2 走査型電子顕微鏡観察および EDS 分析

青色顔料が分布する領域の観察を行い、結果を Pic.3 に示す。SEM の反射電子像では、明るく見える領域には相対的に原子番号の大きな元素が存在する。観察画像中には Ca に富む領域と Cu に富む領域があることがわかり、とくに明るく見える部分は Cu に富むことが確認できた。青色顔料は銅化合物であると考えられ、Pic.2 による XRD の測定結果ともよく一致する。このことから青色顔料は Azurite と考えて妥当である。



Pic.1 供試試料

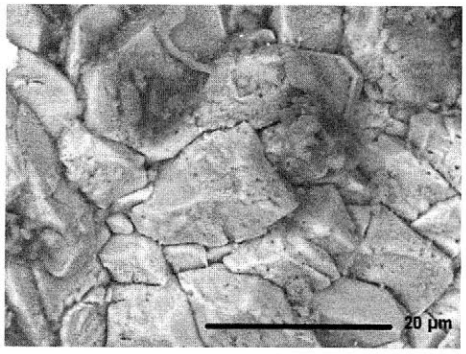


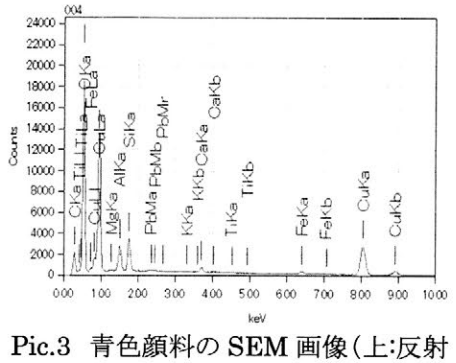
Pic.2 XRD チャート
Calcite と Azurite を検出。

5. まとめ

高松塚古墳壁画顔料は発見直後から調査が行われ、青色顔料については、これまでに Cu を主成分とする顔料が利用されていたことが報告されている[4]。本研究では、鉱物組成と形態を調査し、小さな漆喰片から青色顔料が Azurite であることを確認することができた。また、板状の黄土も見出された。これらの成果により、今後、高松塚古墳で用いられた材料に関する科学的な検討が進むことが期待される。ただし、青色顔料の出自、すなわち高松塚古墳におけるどの部分から剥離した物質であるのか定かではない。今後の研究の進展により明らかになることを期待したい。

本研究には、(株)リガク土性明秀氏、日本電子小倉一道氏ならびに中嶌香織氏の技術的協力を得た。ここに記して感謝の意を表します。





Pic.3 青色顔料の SEM 画像(上:反射電子像)と EDS スペクトル(下)

参考文献

1 奈良県立橿原考古学研究所編『奈良県立橿原考古学研究所研究成果報告第 12 冊 高松塚古墳ー奈良県立橿原考古学研究所附属博物館保管資料の再整理報告』2011

2 北田正弘「高松塚古墳壁画の材料調査(奈良教育大学嶋倉研究室旧蔵資料の調査)」『古墳壁画の保存活用に関する検討会(第 10 回)資料 9-3 平成 24 年 9 月 19 日』文化庁ホームページにて公開

3 北田正弘「高松塚古墳石室目地漆喰表面の黄土層の微細構造調査」『古墳壁画の保存活用に関する検討会(第 11 回)資料 5-4 平成 25 年 3 月 27 日』文化庁ホームページにて公開

4 佐野千絵、早川泰弘、三浦定俊「国宝高松塚古墳壁画の材料調査の変遷」『保存科学』48 119-131 (2009)

三次元コンピュータグラフィックスを用いた遺構内空間の復元
―北部九州弥生時代の甕棺墓を対象として―

Reconstruction of the jar-burial construction in the Yayoi period in Northern Kyushu Using the Three-Dimensional Computer Graphics

○新屋敷久美子（鹿児島国際大学大学院博士後期課程）、 中園聡（鹿児島国際大学）
○Kumiko Shinyashiki (The International University of Kagoshima Graduate School), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima)

はじめに

近年、三次元化の技術は急速に進歩しつつあり、遺跡・遺物の記録・研究に対しても普及の兆しがある。しかし、実際の発掘調査や報告書作成の場面では、現在でも実測図等の二次元実測図が主流であり続けている。蓄積された膨大な情報を活用するためにも、遺構実測図の三次元化が可能になれば、遺構・遺跡内の空間の検討が容易になり、新たな知見が得られる可能性がある。ここでは、弥生時代北部九州の甕棺墓を対象とし、二次元実測図をもとに三次元コンピュータグラフィックス（以下、3DCG）を用いて墓構の三次元化をおこない、遺構内空間を復元するとともに、埋葬行為の復元研究等に役立てることを企図した。

対象と方法

対象としたのは、一般的な実測図である永岡遺跡 41 号甕棺墓（向田（編）1990）、墓壙内の土層観察がおこなわれた栗山遺跡 D 群 5 号甕棺墓（松尾（編）1994）、埋葬プロセスの復元を念頭に置いて発掘された大板井遺跡 XIa 区 3 号甕棺墓（中園（編）1995）である。3DCG ソフトウェアは、曲線的な形状や立体形状の作成が容易にできるものとして、統合型 3DCG ソフトウェア Shade（株式会社イーフロンティア）を使用した。実測図を PC に取り込み、図面に忠実に、実際のスケールに合わせて 3DCG を作成した。

結果と考察

甕棺墓の 3DCG を作成し、あらゆる角度から観察することで、実測図では困難であった墓壙内空間の把握と検討をおこなうことが可能になった（図 1）。墓壙を立体的に把握することで、墓壙内には、甕棺の棺体の主軸に対して、片方あるいは両側に空間が設けられていることが判明した。こうしたスペースは、甕棺の埋葬を行う上での作業（儀礼を含む）を行うためのスペースとの指摘がなされている（中園 2004）。そこで、3DCG 上に人を配置することで、実際に作業が可能かどうかを検討した。その結果、上甕を設置する場面では、スペース部分には作業可能な空間が確保されているが、その反対側には十分な空間がないことが見てとれる（図 2）。もちろん、上甕の底部側の空間がまだ残っているが、甕棺の両側に関しては、上甕配置から配置後にかけての作業はこのスペースでおこなっていた可能性が高い。中園の指摘の検証は実測図のみでは難しかったが、三次元化することで初めて可能となった。

さらに、埋葬時における人の配置のシミュレーションもおこなった。大板井遺跡 3 号甕棺墓では、埋葬作業に関わった人数の検討が行われているが（中園 2004）、上甕搬入時の埋土状況も復元したうえで空間的に可能か検討した。3 号甕棺墓は、甕棺の東脇にやや広いスペースがある。よって、そこに遺体を支える人を配置し、上甕の運搬・設置に両側、甕棺の底部側に土砂での固定のため 1 人配置した。その結果、空間的にみて、無理のない配置であることがわかり、このような配置で埋葬が行われた可能性は十分あるとみられる（図 3）。また、栗山遺跡 5 号甕棺墓でも同様のシミュレーションを試みたが、墓壙が特大で、かなり広い空間がある（図 4）。甕棺もほぼ中央に設置されており、空間に制限がないため、人の配置の検討するのが難しい。しかし、このように墓壙に特に制約がない場合であっても、墓壙外の空間に目を向け、周辺の墓の配置状況などを考慮することで、考古学的根拠からシミュレーションできる可能性がある。

以上のような方法のより広い意義としては、考古資料として遺存したものから個々人の行為をわかりやすく復元するための一方法としても有用であることが挙げられよう。

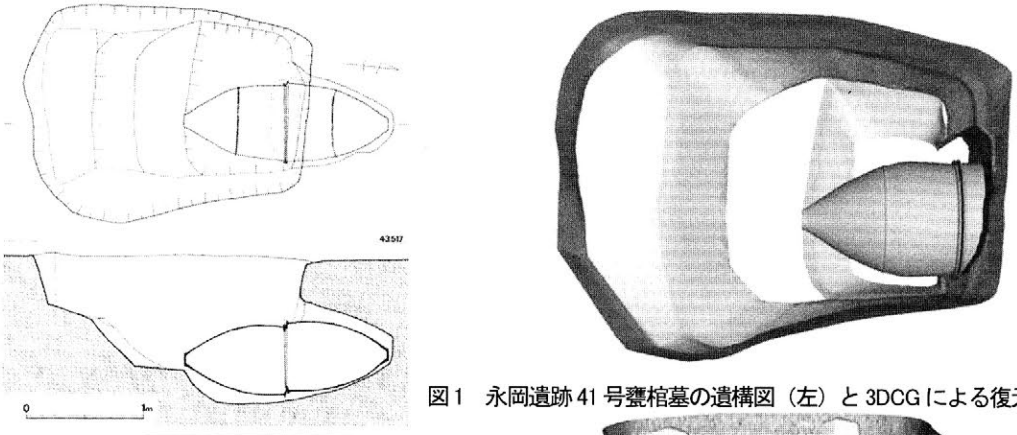


図1　永岡遺跡41号甕棺墓の遺構図（左）と3DCGによる復元（右）

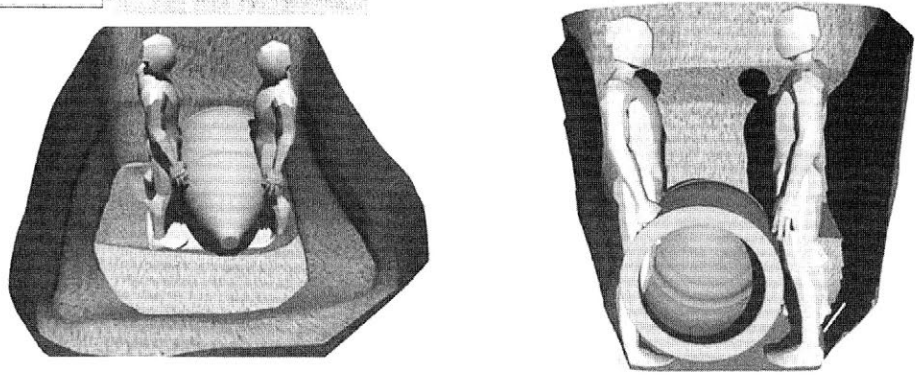


図2　永岡遺跡41号甕棺墓における墓壙空間内の人の配置のシミュレーション。空間が狭い側には立てないことがわかる。

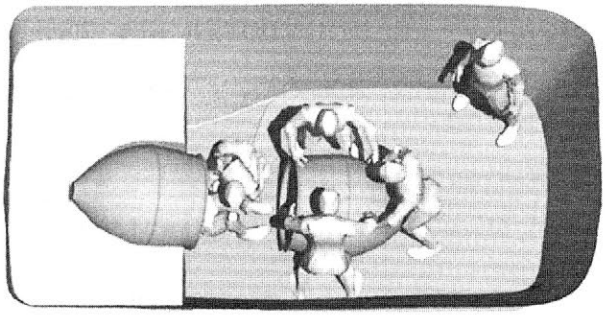


図3　大板井遺跡XIa区3号甕棺墓の上甕搬入時における人の配置のシミュレーション

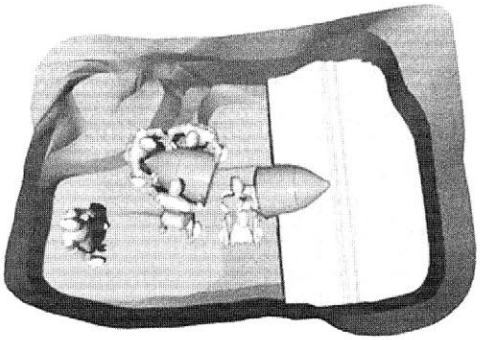


図4　栗山遺跡D群5号甕棺墓の上甕搬入時における人の配置のシミュレーション

おわりに

人の動きは考古学的な痕跡として残りにくく、墓壙内での人の動作や位置を断定するのは難しい。しかし、3DCGによる検討によって、妥当性の高い解釈を提示することができる。今後は墓地全体の3DCG化を実施し、墓地内における空間についても検討をおこない、より具体的な復元を試みる必要があろう。さらに、古墳時代の竪穴式石室、横穴墓、地下式横穴墓、横穴式石室など、他の墓制にも適用し、この方法の適用可能性の検討もおこないたい。

※JSPS科研費・基盤研究（B）（26284124）の成果を含む。

文献

松尾宏（編）（1994）『栗山遺跡II』甘木市埋蔵文化財調査報告書（28）.
向田雅彦（編）（1990）『永岡遺跡II』筑紫野市文化財調査報告書（26）.
中園聡（編）（1995）『大板井遺跡―大板井遺跡XIa・XIb区における支石墓関連資料（石崎さん）の調査報告―』小郡市史編集委員会.
中園聡（2004）『九州弥生文化の特質』九州大学出版会.

3D laser scanningの動物考古学への応用
The application of 3D laser scanning to Zooarcheology

○菊地大樹(京都大学人文科学研究所・日本学術振興会特別研究員 PD)
平澤麻衣子・松井章(奈良文化財研究所)

はじめに

近年、さまざまな研究分野で 3D laser scanning 技術が活用されている。この技術を動物考古学にも応用し、遺跡から出土することが多い動物種(イノシシ、ニホンジカ、ウシ、ウマ、イヌ)の 3D 骨格図譜を作成した。平面であった骨格図譜が 3D デジタルデータになったことで、実物の骨格標本と同じように、どの角度からでも自在に各部位の形態的特徴を把握できるようになり、また、図譜が pdf 形式のため、専用ソフトを必要することなく、ノートパソコンやタブレットなどで手軽に利用できる。さらに、家畜・家禽の形態的変異を数値化する試みも進めており、その成果もふくめた動物考古学への実践的な応用事例も併せて報告する。

3D 骨格図譜作成手順

① 奈良文化財研究所埋蔵文化財センター環境考古学研究室所蔵の現生骨格標本より選別。
② KONICA MINOLTA 社製 RANGE7 とポリゴン編集ソフト RANGE VIEWER(図 1、従前は VIVID910 と Polygon Editing Tool)を用いて、測定およびポリゴンデータの編集。
③ Geomagic XOS (旧 Rapidform XOS)による画像処理。
※骨格によっては、測定レーザーが当たらない箇所もあるため、実際の標本と対照させながら補正し、画像処理を進める。データは、xrl 形式(stl、obj、wrl 形式にも変換)に保存。
④ pdf 形式に変換し、3D 骨格図譜の完成(図 2)。

動物考古学への応用と今後の展望

骨格図譜が 3D デジタルデータになったことで、手軽にかつ機能的に携帯することができ、実地調査への骨格標本の持ち出しや、図譜本の携帯といった負担が軽減される(イノシシ、ニホンジカ、ウシ、ウマ、イヌの主要部位の 3D 骨格図譜については、奈良文化財研究所 HP にて公開を予定)。

また、3D laser scanning によって家畜・家禽の形態的変異を数値化することで、重要な意味を持つ出土骨を様々な角度で回転させながら拡大・縮小して、現生骨格標本と比較することが可能となるほか、形態の観察や計測がおこなえるなど、形態学への応用も期待される(図 3、4)。

本研究は、平成 22 年度～平成 25 年度 基盤研究(A)「東アジアにおける家畜の伝播とその展開に関する動物考古学的研究(研究代表者:松井章)」(課題番号 22240083)、および平成 26 年度～ 基盤研究(A)「中国新石器時代における家畜・家禽の起源と、東アジアへの拡散の動物考古学的研究(研究代表者:松井章)」(課題番号 26242020)による研究成果の一部である。

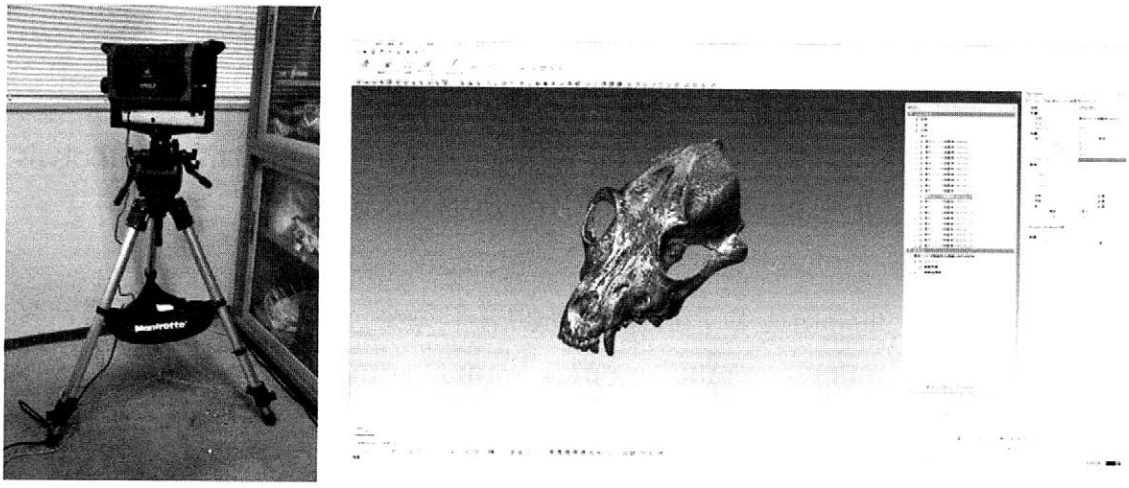
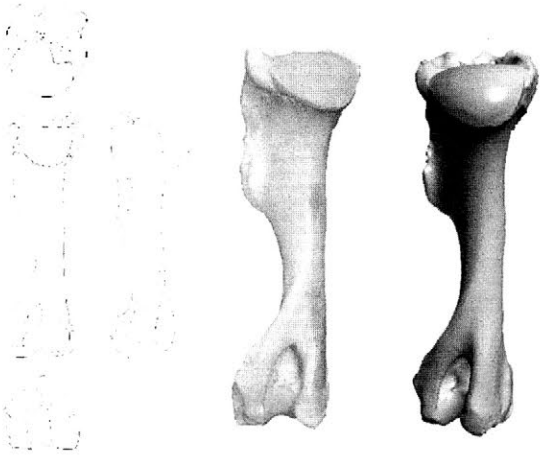


図 1　KONICA MINOLTA 社製 RANGE7 と画像処理ソフト Geomagic XOS



実測図　　現生骨格標本　　3D 骨格図

図 2　現生骨格標本、実測図および 3D 骨格図

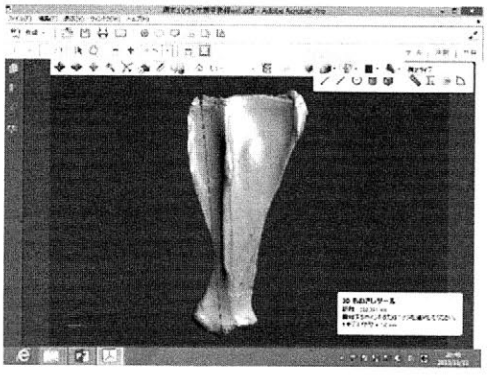
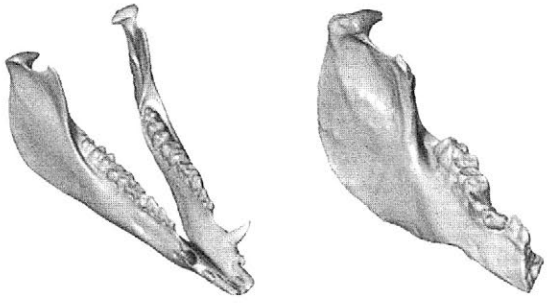


図 3　pdf による各部位の計測



イノシシの下顎骨　　大友府内町出土のブタの下顎骨

図 4　現生骨格標本と遺跡出土骨との比較

土器製作具のすり減り過程の三次元的検討
—製作者個人の動作の復元を目指して—

A three dimensional examination of the wearing down of pottery making tools as it relates to the potter's physical movements

○ 平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）、中園聡（鹿児島国際大学）、太郎良真妃（鹿児島国際大学大学院）、
川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、
白井菜実（鹿児島国際大学大学院）、福島花咲里（鹿児島国際大学）

○ Hiromi Hirakawa (The International University of Kagoshima Graduate School), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima), Maki Tarora (IUK Graduate School), Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage), Nami Shirai (IUK Graduate School), Kazari Fukushima (IUK)

はじめに

過去における土器製作者個人の同定法の開発にあたり同一工具痕のマッチングは重要な手段の一つであるが、長年使用した製作具はどの部分がどの程度すり減るのかを確認しておく必要がある。また、製作者の身体技法を痕跡から読み取るためにも、すり減りの検討と把握は必須である。ところが、そのような視点からの検討に足る具体的データの蓄積は世界的にない。そこで、具体的かつ実証的に土器製作具のすり減りの問題を扱うため、北タイの伝統的土器製作村で、三次元計測により同一工具のすり減りを5年間にわたり追跡調査してきた。年間のすり減りの程度の定量化に成功したほか、数年経てもすり減らない部位が明確になり同一工具の証明が可能であることが判明してきた。製作者の身体技法とすり減り部位との対応関係も把握され、過去の製作者のいきいきとした動作の復元が現実味を帯びつつある。

試料と方法

2009年から5次にわたり、同一家族の持つ100点余りの工具の記録など継続した調査研究を行ってきた。主な対象は木製のタタキ具とナデ板で、現地で洗浄・乾燥後シリコン印象を取得、歯科用硬質石膏のレプリカを、三次元レーザースキャナRoland DG社製 LPX-1200REで0.1mmメッシュで計測した。取得した調査時ごとのデータの三次元マッチングを実施し、ソフト上で偏差（差分）を等高線表示させた。その他、現地で簡易型のレーザースキャナや写真等による三次元データの取得も並行して実施した。

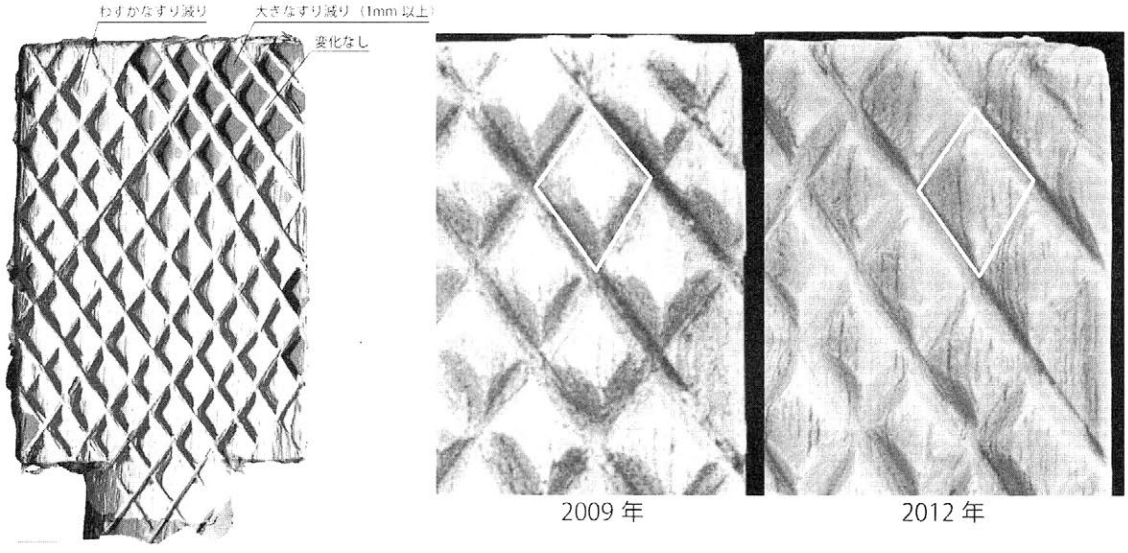


図1　タタキ具（文様つけ用）のすり減り（3年間）

左：3D計測により3年間のすり減りを表示したもの。右：同じタタキ具の使用部位の拡大写真。3年間で菱形の平坦面が消滅。特に左半部が著しい。

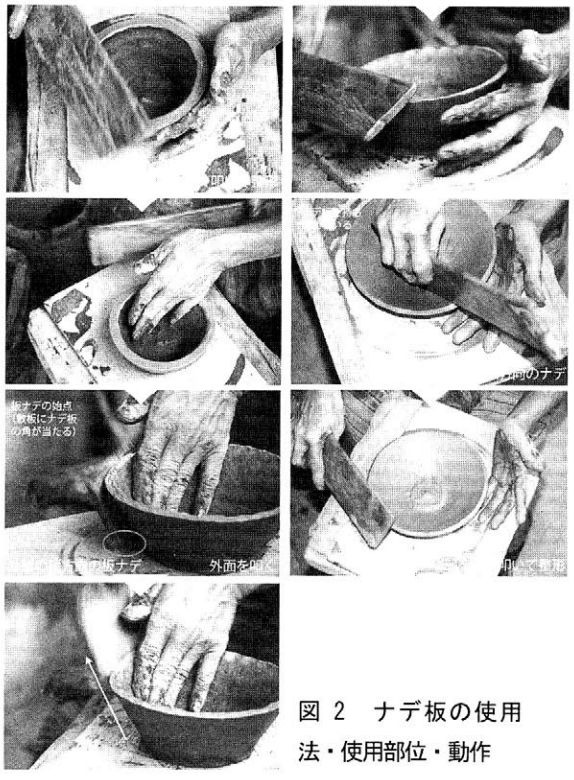


図 2　ナデ板の使用法・使用部位・動作

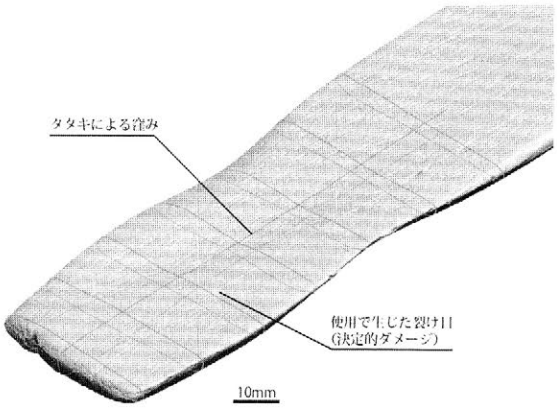


図3　ナデ板の三次元計測

断面も表示している。

結果と考察

図1は、片面が施文用のタタキ具である。使用部位である菱形の突出部分の欠損とすり減りが年を経るにつれて増えた。個々の菱形の突出部分は、個々の上面から左側面のすり減りが大きい（2011～2012年の1年で1mm以上）。それに対して基部・溝内部はほとんどすり減りがなく、こうした部位は工具痕のマッチングに使用できる。個々の菱形部分は、タタキ具の長軸に直交する方向、特に長軸に対して左側の摩滅が著しい（製作者は右利き）。施文時の動作との関係がうかがえる。板ナデのほか軽いタタキなどに多用されるナデ板（図2・3）は、短期間に顕著にエッジがすり減り、1年のすり減りがかなり大きい（図4）。

土器製作具のすり減りやダメージについて、製作時の行為や身体技法との関係を一部ではあるが把握できた。また、進行の程度等についても具体的データを得ることができた。土器と製作者との間にある不可分の相互作用を理解するためにも、こうした調査研究が必要であり、今後さらに検討を進めていく必要がある。

※JSPS 科研費・基盤研究（B）（26284124）の成果の一部である。

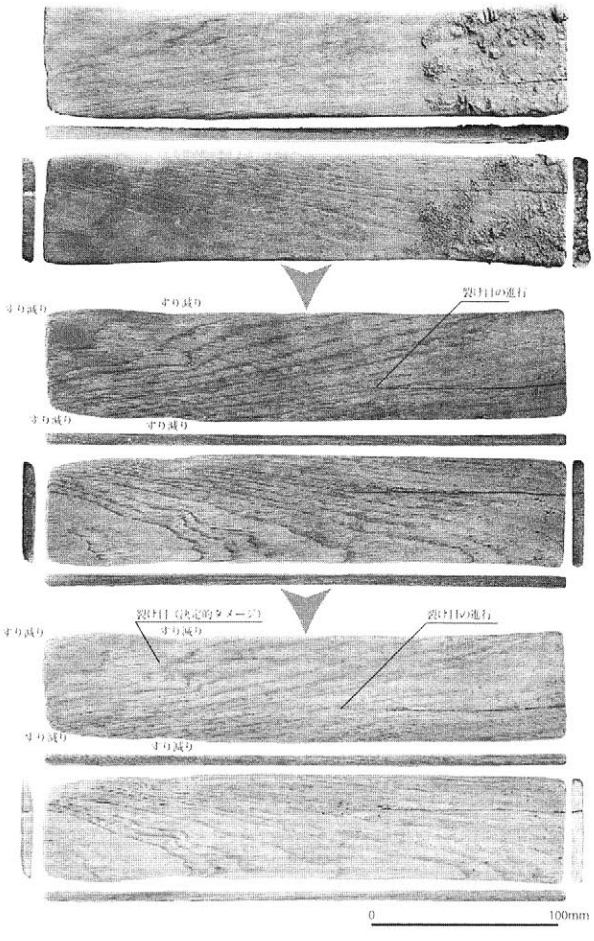


図4　ナデ板のすり減り（3年間）

上：2009年、中：2011年、下：2012年

使用部位が短期間に顕著にすり減っており、形状が変化していることがわかる。

三次元計測による土器製作工程の記録
—北タイの土器製作者とその技術—

Three-dimensional digitization for recording of the pottery making process and understanding of the potters' skill in northern Thailand

○太郎良真妃（鹿児島国際大学大学院）、平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）、
川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、中園　聡（鹿児島国際大学）
○Maki Tarora (The International University of Kagoshima Graduate School), Hiromi Hirakawa (IUK Graduate School),
Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage),
Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima)

はじめに

遺跡から出土する土器は、基本的には完形品かそれが壊れたものである。それをもとにして製作工程等を解釈しようとするアプローチが通常である。しかし、より適切に、より深く土器を理解するためには、製作過程を理解しておく必要がある。そこで、北タイにおける伝統的土器製作の民族考古学的調査において、観察や写真・ビデオでの記録だけでなく、工程ごとに三次元スキャナ等を使用して非接触で記録することに成功した。これにより、完成品の製作者ごとの個人差の検討に加え、製作過程での個人差や個人内での安定性などをより詳細に検討することが可能になった。こうした試み自体、稀有なものであり、身体技法と形態との関係、製作者と対象物である土器との間断ないインタラクションの考察など、様々な研究に発展可能である。

試料と方法

ベテランの女性（母 B：80 代、高齢のため娘の補佐、娘 A：50 代後半現役、母の妹 D：60 代現役）、製作を始めて 3 年目の女性（娘の妹 C：40 代後半）の 4 名の製作者を対象として、土器製作を工程ごとに三次元スキャナ等を使用して記録した。記録は、主として Sense 3D Scanner (3D Systems 社) を用いた。これはハンディタイプの簡便な非接触三次元スキャナであり、対象物の移動が困難な場合や屋外でのスキャンが可能である。三次元形状の計測とともに色情報も取得する点や、ごく短時間でスキャンが終了するという利点もある。屋外での調査に加え迅速性が求められたため、その条件を満たす方法として採用した。

これまでに、NextEngine（NextEngine 社）による三次元計測も実施し、写真による計測なども試みている。また、作業途中で中止してもらった現物資料を保存したりしている。しかし、ここで扱うのは、多数連続製作の工程ごとの小休止時間に計測するだけでなく、さらに細かな工程ごとに計測したものである。1 個体の一連の流れを追う必要があるため、製作台上から動かすことなく計測することとし、一度の計測での所要時間は 10 秒程度にとどめた。主な対象はモーナム（水甕）の蓋である。

結果と考察

蓋は、製作者 4 名で平均 16 の小工程を記録した。これにより、素地土の塊から製品を作り出していく過程等を視覚的・定量的に検討することが可能となった。体部の成形工程は大きく 2 つ、指・手を使って鉢状にする段階と、ナデ板を使用してそれを広げる段階に分かれる（図 1）。作りはじめは素地土を適量手に取り、手捏ねで浅く分厚い椀形にし、敷板に載せるのが普通である。ただし、製作者 B は 2014 年度の調査時には例年と異なり、敷板上に小さな円盤を置き、その周囲に粘土帯を巻くことから開始した。このため、製作者

図 1　モーナムの蓋の製作（内面の板ナデ）

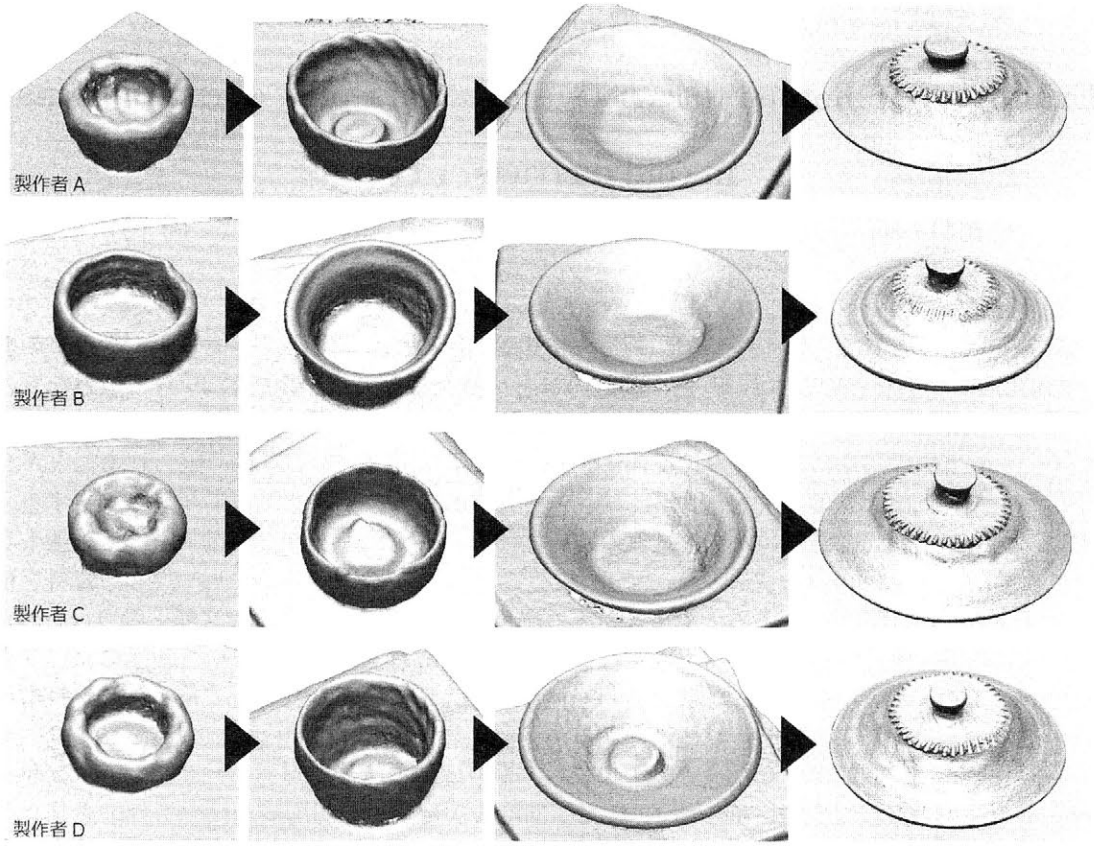


図2　三次元計測による製作工程の記録。一連の工程を製作者ごとに記録した。（モーナムの蓋の工程の抜粋）

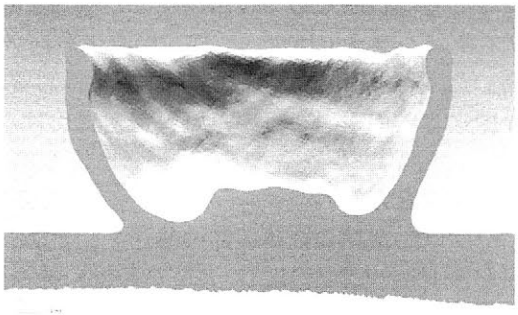


図3　製作中の蓋の断面（製作者A）

Bは他の3名と作りはじめの形態が異なり、工程も多い。ナデ板による成形時結果として蓋の形状は、例年よりやや薄手に仕上がるなどの相違点はあるが、特に外見において他の製作者との顕著な違いはなく、最終形の観察から製作法の違いを見出すことは困難と考えられる。ここで、1）熟練者は複数の製作法を柔軟に選択できること、2）製作法の違いにかかわらず他の製作者と同一様式に至ることができること、3）製作法が異なってもある程度同一製作者個人のクセは維持されうることが指摘できる。また、同じ製作方法をとる3名の製作者間でも、それぞれ小工程の違いや細部形態の個人差が確認された。

大きな成果としては、完成品だけでなく、製作途中の各段階においても各製作者個人内の安定性と個人間の差異がうかがえた、ということである。土器製作について、こうした個人固有のクセの累積／更新の過程として理解することができるのである。

おわりに

製作工程ごとに形状を三次元的に記録することで、しだいに形を変えていく土器を詳らかに見ることが可能になった。また、製作者ごとの個人差が各工程で発現していることなどの事実が明らかになった。これは考古学的に土器の製作工程を復元・理解するうえで重要なデータとなりうるし、今後の土器製作に関する民族考古学的調査で実施可能な方法としても資するところが大であると考える。

※JSPS科研費・基盤研究（B）（26284124）の成果の一部である。

寒冷地における遺物収蔵および搬送方法 の検討（Ⅰ）

Examination method to carries and safekeeping of the remains in cold districts（Ⅰ）

○田口　尚（(公財)北海道埋蔵文化財センター）、菅原いよ（　同　）

1．はじめに

北海道・東北地域では、本州の各地域に比べ木製品や金属製品の保存処理後のサビやカビの発生、収縮変形等の例が多いとされる。その要因のひとつは発掘調査完了が概ね10月末頃となり、遺物保存処理の委託・発注時期が低温期～厳寒期になることである。昨今では各機関の経費節減のために、美術品専用車による資料の搬出・搬入は、重要文化財相当の資料に限られることが一般化しつつある。また、決算期や監査期にともない、資料返却が厳寒期である年度末に集中する。道内には、保存処理業者が無いため、処理の委託先は本州各施設となり、輸送手段は長距離トラックによる陸送と極寒のカーフェリーで使用される。フェリーターミナルにおいては、資料を積載したままの長時間駐車となることも多く、その過程で温湿度環境が劣悪な状態となり、そのまま搬入先に収蔵・保管されることも少なくない。さらに市町村では、特別展や企画展についても予算削減のために、公用車によって展示資料を搬出・搬入することが日常化している。資料借用施設が近隣の場合には、その影響も軽微であるが、北海道では市町村間には距離があり移動に多くの時間を要する。宿泊の必要な遠隔地の場合は、車中はエアコンで温められているが、休憩や食事駐車より車内温度は急激に低下する。特に冬期は搬送資料の温湿度管理に十分な配慮が必要となるが、一般職員や運送業者の現状はどうであろうか。発掘調査員や学芸員には、資料搬送時の断熱性や保温性を高めるための適切な養生技術と車載搬送環境を予測した判断が要求される。

ここでは厳寒期の一般車両による搬送を想定し、汎用な梱包搬送容器として使用されるプラスチックコンテナ、段ボール箱、保冷用発泡スチロール箱等を用いて、内部の温度・湿度変化を計測した。厳冬期の北海道や北東北における資料搬送や一時的な資料保管に有効と考えられる安価な搬送容器の検討を行い、資料搬送における諸問題を検討する。

2．材料と方法

今回は厳寒期の金属製品の輸送を想定し、搬送容器A～C、搬送容器E、Fの中にデータロガー（おんどとり TR-71U,TR-72U,TR-72S）をシール容器内に入れて各容器に配置した。シール容器の内外は化学繊維綿（KS116、KS119）を薄葉紙で包んだ綿布団を用いて養生・梱包し、計測を実施した。（写真１～５）

各容器の材質と法量は以下の通りである。

容器A：ポリプロピレンコンテナ（36-2C）内寸L543mm×W343mm×H104mm×ｔ3mm、容器B：段ボール箱内寸 L356mm×W210mm×H143mm×ｔ5mm、容器C：白色発泡スチロール内寸L390mm×W256mm×H105mm×ｔ20mm、容器E：緑色発泡スチロール内寸L525mm×W315mm×H235mm×ｔ29mm、容器F：ポリ保冷庫内寸L468mm×W318mm×H245mm×ｔ25mmである。

各容器の保管環境は、実際の梱包作業工程をふまえ、特別収蔵庫（気温21.0、湿度41%）、調査研究室（気温23.5℃、湿度50%）の順に放置後、北海道内の北部や東部の厳寒期を想定し、庫内を-20.0℃に設定した大型フリーザー（湿度22%）にて冷却し、各容器内の温湿度変化について計測した。実験にフリーザーを使用した理由は、屋外では太陽光、雪、風の自然環境の影響を受け、同一条件による比較検討が困難であったことによる。

3．結果および考察

搬送容器A、B、C、搬送容器E、Fとも、特別収蔵庫および調査研究室の室温においては容器別に大きな温度差は見られなかった。－20℃のフリーザーへの入庫では、容器A、B、C内の温度がほぼ垂直に下降し、特別収蔵庫室温の21℃から10℃に下がるまでに約20分の短時間であった。容器A、B、C では断熱効果がほとんど無く、5時間程で-14℃まで低下した。急激な温度低下は容器Aが顕著であり、続いて容器Cであった。最も安価な容器Bの段ボール箱は前2者に比べ温度低下が僅かに遅れた。最低温度は容器Aで-14.7℃、容器Bで-14.3℃、容器Cでは-16.1℃まで低下した。しかし、フリーザー設定温度の－20℃まで達するものは無く、庫内より 4～5℃ほど高く推移した。また、－14℃まで低下した容器内温度を室温 20℃程度に戻し、安定させるには最低でも6～8時間の慣らし時間を要した。容器Bについては2重構造の段ボール箱とエアキャップ等を組み合わせることで温度低下の速度をさらに遅延できた。

容器E、Fは容器A、B、Cに比べ、あきらかに緩やかな温度低下であった。容器Eでは10℃までの低下に約1.5時間、容器Fでは約2.5時間を要した。-10℃に低下するまでは9時間以上も要し、断熱効果が高いことが確認できた。容器E、Fのような梱包容器に資料を収納し、輸送・保管することで急激な温度変化を緩和できることが確かめられた。容器E、Fを用いた資料搬送では1.5～2.5時間程の駐停車も可能と思われる。しかし、長期間の収蔵・保管に利用するには大きな効果は無く、あくまでも数時間程度の温度低下の遅延措置である。ちなみに札幌市から搬送時間では、室蘭市、苫小牧市、千歳市、岩見沢市、小樽市、石狩市などが、搬送範囲内となりうる。さらに駐停車中に、常時エアコンを稼働させておくことも、資料保温に関して大きな効果を得られるが、省エネや温暖化対策の観点から状況に応じた判断を要する。基本的に路面の荒れた厳寒期の脆弱資料の移動を避け、気候の安定した4月以降の納品や搬送に努力すべきである。

発泡ウレタン樹脂等は、①火気に近づけないこと②溶剤による溶解、変形、変質に注意③尖ったものや衝撃に注意④部分的な荷重に注意⑤長時間、直射日光などの紫外線にさらさないことなど、容器の破損、劣化に注意が必要なことは言うまでもない。

なお、この実験は厳寒期において美術専用車の否使用や厳重な養生をせずとも良いとの判断で行ったものでは無い。資料の安全を無視した安易な保存処理委託契約や冬期の貸出借用時の搬出・搬入時おける注意喚起が主題であり、適切な搬送・梱包・養生の実例説明を目的として実施したものである。現在、貸出資料にデータロガーを取り付けた追跡調査も実施中である。

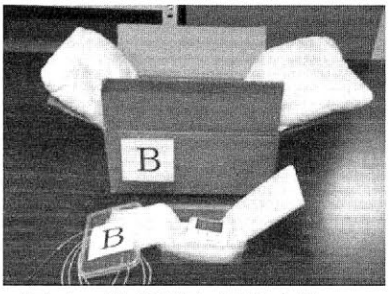


図1　綿布団と梱包方法

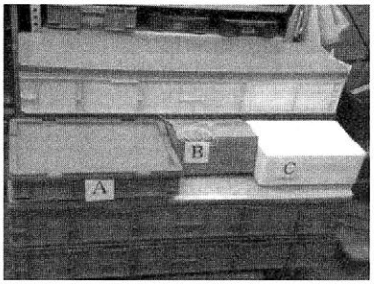


図2　A.B.Cの各種容器

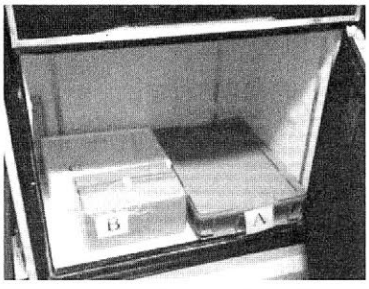


図3　A.B.Cのフリーザー

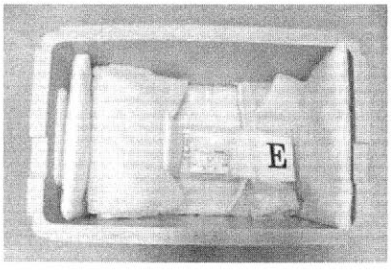


図4　Eの梱包状況

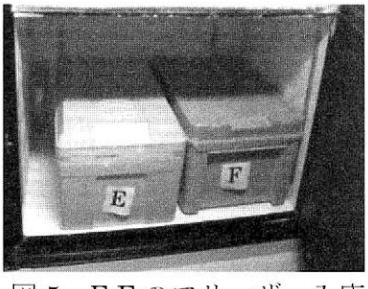


図5　E.Fのフリーザー入庫

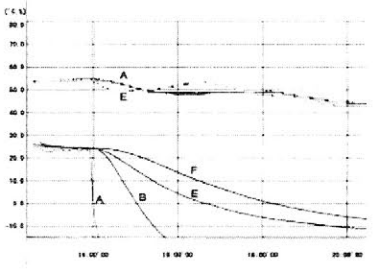


図6　A.E.Fの温湿度

FMCW レーダ装置による土壁の非破壊検査の試み
Non-destructive inspection of clay wall using FMCW radar apparatus

○藤原裕子、藤井義久、簗瀬佳之（京都大学大学院農学研究科）、
森 拓郎、吉村 剛(京都大学生存圏研究所)、中島正夫（関東学院大学)、
堤 洋樹（前橋工科大)、森 満範（道総研林産試験場)、栗崎 宏（富山県木材研究所）

伝統的木造建築物に見られる土壁は、柱の間に細割りした竹を格子状に組んだ小舞下地を配置し、それに土を塗って仕上げたものである。壁が仕上がると、壁下地となる竹や柱をつなぐ貫は壁土に覆われ見えなくなってしまう。また、城の天守や蔵のように外観が大壁仕上げの場合は、構造的に重要な柱も壁土に覆われてしまう。壁内部に隠れてしまった部材が健全な状態であるのか、虫害・腐朽による生物劣化を受けているのかを壁を壊さず判断するのは非常に難しく、建物を維持管理していくうえで問題となることも多い。本研究では、新規に開発した FMCW レーダ装置で伝統的木造建築物の土壁やその内部の構造部材の劣化を非破壊的に検出する可能性について検討した。

実験方法

図 1 は測定装置である。装置は FMCW 方式の反射型レーダ装置で、アンテナ、電磁波の受発信および受信波の分析を行うネットワークアナライザ（VNA)、アンテナを鉛直 2 次元平面内で操作するための XY ステージとそのコントローラ、ステージの制御とデータ計測を制御するためのプログラムを搭載したパソコン（PC）からなる。測定では、アンテナからの発信波が測定対象物の表面や内部の電磁波的な境界面で反射し戻ってきたものを同じアンテナで捉え、その検出波を VNA 内で信号処理し、壁の厚み方向における電磁波の反射面の位置や反射強度のデータを獲得した。PC では、アンテナの走査によって得られる *XY* 面内の各位置での時間軸データを順次蓄積・保存し、後処理によって、壁体における反射強度分布を表す 2 次元イメージを作成した。測定面とアンテナ先端の距離は約 10mm とし、測定範囲は水平（*X*）方向、垂直（*Y*）方向ともに 50-400mm の範囲で、検出対象によって適宜変更した。測定ピッチは *X*、*Y* 方向とも 10mm とした。奥行（*Z*）方向には 2 または 6mm 間隔でデータを取得した。

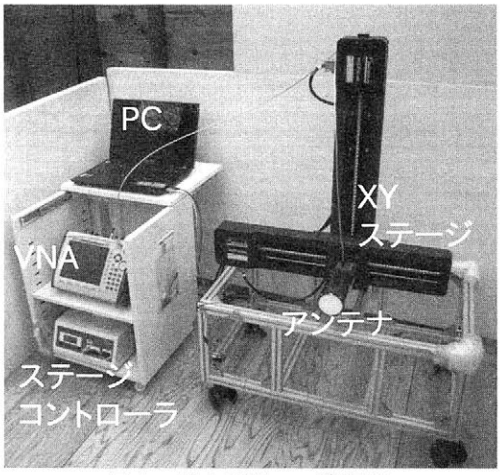


図1　FMCWレーダ装置

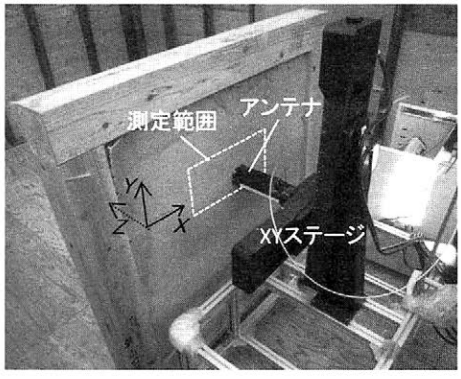


図2　測定の様子（荒壁仕上げ側）

土壁モデルは 105mm 角のスギ材でつくった外形寸法約 1 m の枠内に小舞竹を配置し、壁厚約 80mm になるよう壁土を塗りつけたもので、一面は漆喰塗り仕上げ、他の一面は荒壁仕上げとした。図 2 はモデルを荒壁仕上げ側から測定している様子である。実験では、非測定面に含水率の異なる木材単板を PE フィルムに封入したものまたは金属プレート(いずれも名刺大)を貼付け、それらの検出を試みた。

結果の一例

図 3 は、土壁漆喰塗り仕上げ側に高含水率の単板を貼り付け、反対の荒壁側から測定したときのあるポイントでの波形の例である。グラフの横軸は距離であるが、電磁波の速度が媒質中では空中よりも遅くなることを考慮せずに算出しているため、実距離とは異なる。縦軸は反射強度で、反射がない場合は 1、対象物から何らかの反射がある場合は、1 より大きい値を示す。図では、電磁波的な境界面での反射が顕著に認められ、距離 250mm のあたりで土壁表面からの反射によるピークが認められ、290mm 付近では土壁内部の小舞竹、380mm 付近では単板によるピークが認められる。各測定面の各測定点で得られるこのような波形を反射強度の値に応じて色分けし、奥行き方向のある距離(電磁波的な距離)における 2 次元の反射波強度分布図を得た。

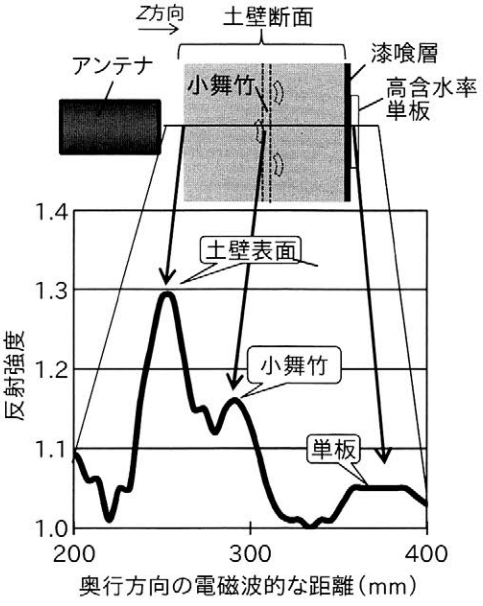


図3 土壁奥に高含水率単板がある場合の検出波形

図 4 は土壁の厚さ方向中央付近、図 5 は裏面付近の反射波強度分布である。黒は反射波強度が弱く、白は強いことを表している。図 4 には格子状にグレーの部分が認められるが、その格子の間隔から壁内の小舞竹が検出されていると考えられる。図 5 は壁裏面に金属プレートを貼り付けた場合の測定結果で、プレートのおおよその領域が検出可能であった。

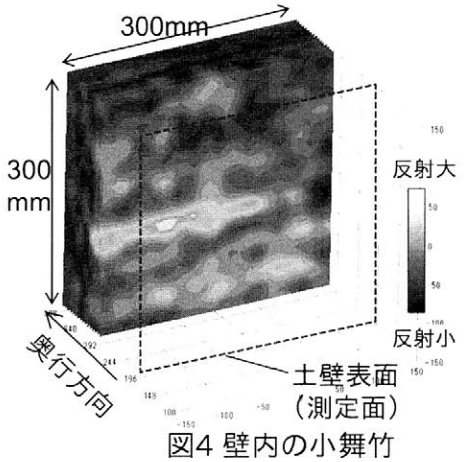


図4 壁内の小舞竹

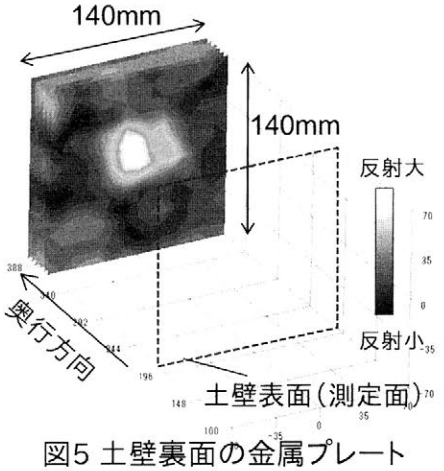


図5 土壁裏面の金属プレート

浄瑠璃寺三重塔内部彩色の剥落顔料片の分析

Analysis of peeled pigments of Architecture Decoration in Three-storied Pagoda at Joruri-ji Temple

○森　正和（龍谷大学古典籍デジタルアーカイブ研究センター），多田　牧央（川面美術研究所），今井　崇人（龍谷大学理工学部）

1.　緒言

文化財建造物彩色や美術工芸の分野において，科学的な分析結果を基に保存修復を行うために可搬型の蛍光 X 線分析装置や顕微鏡観察など，主に非破壊分析法を用いた彩色材料の調査および分析が行われている．我々もこれまでに西本願寺の障壁画や浄瑠璃寺の保存修復事業の一環として，非破壊分析法を用いた現地での彩色材料の調査および分析を継続的に実施してきた[1), 2)]．蛍光 X 線分析は，非破壊かつ迅速な分析が可能な反面，蛍光 X 線が照射された箇所に存在する元素の種類と存在比の情報しか得られない．文化財建造物の彩色材料や技法をより詳細に知るためには，塗膜の厚さ，顔料の粒子径，層構造など，より多くの情報を得る必要があると考えている．本研究では，保存修理工事中に採取した剥落顔料片を用いた断面観察および元素分析を系統的に行うことで，文化財建造物の保存修復に有用な調査および分析結果だけなく，それぞれの分析対象における彩色技法をより明らかにすることを目的としている．本発表では，浄瑠璃寺三重塔の初層内部において採取した剥落顔料片の分析結果を報告する．

2.　分析対象および分析方法

2.1　浄瑠璃寺三重塔

小田原山浄瑠璃寺（九体寺）は京都府木津川市加茂町西小に所在する真言律宗の寺院である．浄瑠璃寺三重塔は，平安時代末期の京都に建てられた塔として唯一の遺構である．三重塔は昭和 27 年（1952）国宝（建造物）に，そして初重壁画（板絵著色）十六羅漢像は昭和 52 年（1977）重要文化財（絵画）に，それぞれ指定されている．

2.2　分析方法

分析対象は，国宝浄瑠璃寺三重塔および本堂保存修理工事（塗装工事）において採取した試料である．採取顔料片をプラスチック板上に接着剤を用いて固定し，ミクロトームによる断面試料作製を行った．作製した断面試料は実体顕微鏡による観察を行ったのち，走査型電子顕微鏡（SEM）による断面観察および元素分析（面分析）を行った．

3.　分析結果

浄瑠璃寺初層部において採取した剥落顔料片の実体顕微鏡による断面観察結果の一例を図 1 に示す．断面観察結果より，彩色層（上部）は濃緑色，下地層（下部）は淡緑色であることがわかった．なお，剥落顔料片の周囲に見られる灰色の領域は固定用の接着剤である．剥落顔料の幅は約 1.85mm，厚みは約 0.22mm であった．また，彩色層の厚みが約 0.10mm，下地層の厚さが約 0.12mm であった．彩色層中に所々，淡緑色の粒子の混在が認められ，それらの粒子の外径は約 0.03mm であった．SEM による観察結果および元素分析（マッピング）結果を図 2 に示す．実体顕微鏡による観察結果において彩色層と認められた領域からは主に Cu と O が検出され，下地層と認められた領域および彩色層中に観察された淡緑色の粒子の存在箇所からは主に Al，Si，O が検出された．したがって，彩色層の顔料は岩緑青，下地層の顔料は白土と推定され，天井彩色の当初期のものと考えられる．なお，下地層からも検出量は低いが Cu が検出された．実体顕微鏡観察結果より，下地層は淡緑色を呈していたことから，この Cu の存在が影響していると考えられ，例えば，緑青焼けの可能性もあると考えられる．なお，S と K が偏析する領域がみられたが，これは過去に彩色塗膜の剥落止めで使用された接着剤に由来するものではないかと考えられる．当日は複数の剥落顔料の分析結果を報告する．

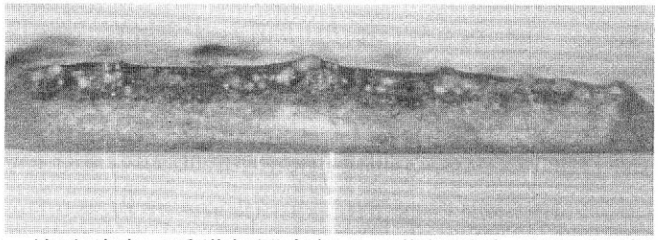


図 1　浄瑠璃寺三重塔初層内部の剥落顔料片の断面観察結果

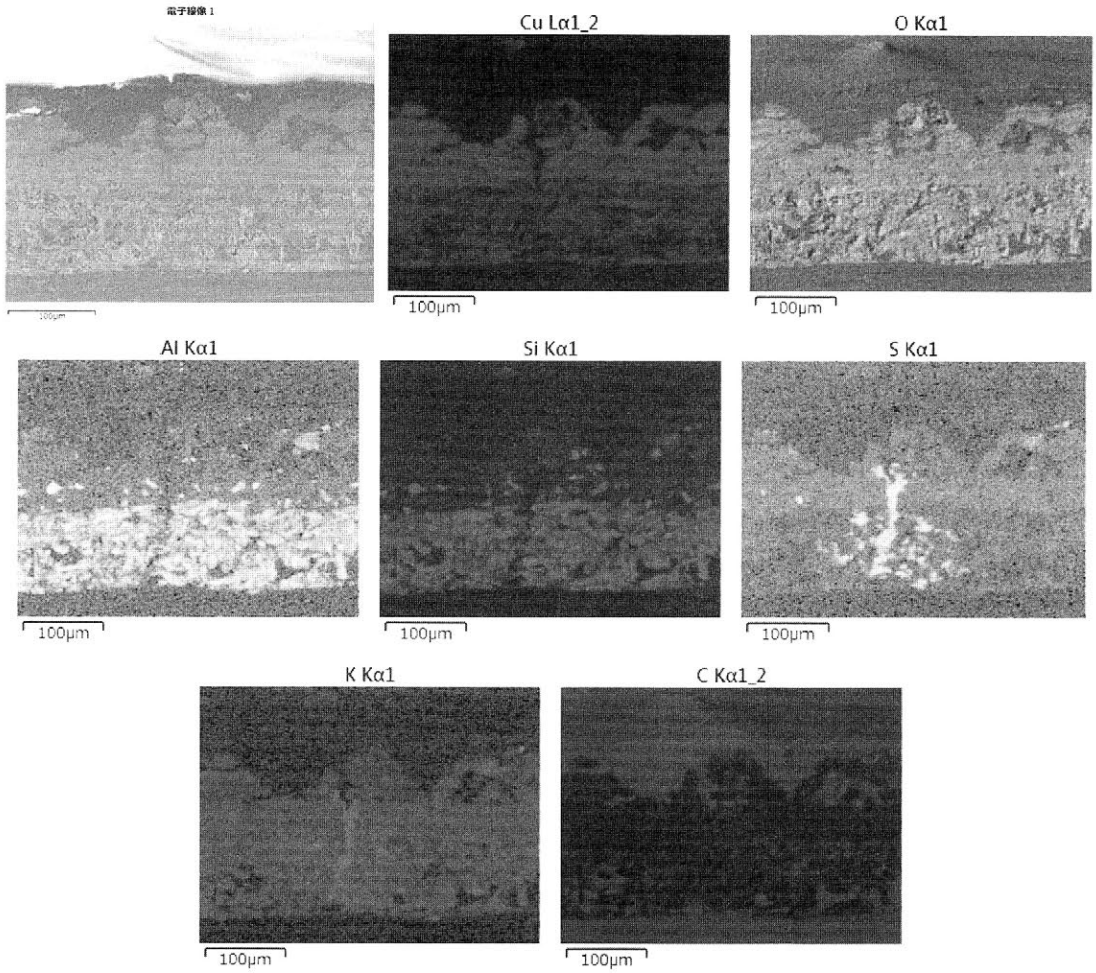


図 2　浄瑠璃寺三重塔初層内部の剥落顔料片の断面における元素分析結果

参考文献

(1)　森　正和，湯浅　昌典，和田　秀寿，河野　益近，江南　和幸，岡田　至弘：可搬式蛍光Ｘ線分析装置を用いた西本願寺書院鴻の間の障壁画における顔料分析に関する研究，日本文化財科学会第 26 回大会研究発表要旨集, pp.358-359(2009)

(2)　多田　牧央，森　正和：国宝　浄瑠璃寺三重塔の初層内部装飾について，建築史学，第 59 号，pp.74-93（2012）

【謝辞】浄瑠璃寺三重塔彩色の彩色材料調査は，平成 21，22 年度の国宝浄瑠璃寺三重塔および本堂保存修理工事（塗装工事）を機会に実施した．調査にあたっては，浄瑠璃寺の佐伯快勝住職・佐伯功勝副住職をはじめ関係者の皆様と，京都府教育庁指導部文化財保護課に御理解と御高配を賜った．また，本研究の一部は文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成 24～27 年）により実施している．ここに感謝の意を示す．

土器製作者のリズムと動作
—モーションキャプチャを用いた身体技法の記録・分析—（第4報）

Potters' rhythm and motion: recording and analysis of the body techniques using motion capture technology —IV—

○川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、中園 聡（鹿児島国際大学）、
平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）

○ Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage, Doshisha University), Hiromi Hirakawa, (Graduate School of Intercultural Studies, IUK), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima)

1 はじめに

土器製作者の身体技法の理解のため，また土器研究一般の発展のため，我々はモーションキャプチャの技術を用い，土器製作者の動きの記録・解析に取り組んでいる。これは，土器から製作者の個人識別（個人同定）法の開発研究プロジェクトの一環として，北タイの伝統的土器製作村で実施してきたものであるが，動作における個人間・個人内変異を探り製作者の個人識別に資する情報を得るだけでなく，考古遺物から土器製作者についての様々な情報を導き出す方法論の構築や，ヒトの認知的・身体動作的特徴をより深く理解することなどに役立てることを目指している。これまでに，製作者はタタキの動作を安定して繰り返すことができること，それが長期的に維持されることなどを確認している（川宿田・平川2013）。

2 動作解析の方法

我々は北タイの伝統的土器製作村の4名の製作者を継続的に記録しているが，ここで検討対象とするのは，熟練者1名（potter A）と，2011年から本格的に土器製作を始めた1名（potter C）である。継続的な比較を行うために，研究の当初から方法を変えずに記録している。詳細については川宿田・平川（2013）を参照されたい。

ここでは，一連の製作工程のうち，土器鍋（モートム）の口縁部の布ナデ（布によるヨコナデ）の工程を扱うこととする。取得した映像をソフトに読み込み，画面上で計測点を指定した。布ナデの動作を把握するため，利き手の指（人差指・中指）の第二間接，及び肘を計測点とした。これまでに実施した解析と同様に，秒間30フレームの動画を使用し，それぞれのフレームで位置情報を自動取得することにより，経時的な座標位置を2次元グラフで表示させた。ここで示すグラフは，比較しやすくするため，各部位の位置情報をcsv形式で出力後，2次元グラフ形式で再度描きなおしたものである。

3 調査対象者

本稿に解析結果を掲載する2名の土器製作者について述べる。

potter A：熟練者（50歳代後半）。母（potter B）・叔母（potter D）から土器作りを教わった。水甕（モーナム）製作を得意とするが，土器鍋（モートム）はもとより，伝統的器種は製作することができる。右利き。

potter C：2011年調査時点で土器製作を始めたばかり（1週間）の初心者（40歳代後半）。幼少の頃から母（potter B）や姉（potter A）らの製作を見て育ち，簡単な手伝いをしたことはあるが，きちんと習ったことはなかった。近隣の村からしばしば実家を訪ねてきたが，2011年から特に頻繁に実家に通うようになり，それを機に実家で製作を始めた。母・姉・叔母（potter D）から教わっている。右利き。

4 結果と考察

調査時のpotter AとpotterCの動きをグラフに示す（potter A 図1，potter C 図2）。いずれも横軸に時間軸をとり，図1・2は左右の動きを示している。布ナデの工程の中で，土器から手を離し布を持ち替える点を境として区間を分けた。potter Aの動きをⅠ～Ⅲの3つの区間，potter CをⅣ・Ⅴの区間に分けて示す。

potter A：グラフで示した20秒の間に，回転台（手回し）上の土器が10回転している。それぞれの区間での動作が異なっており，実見もしくは動画では確認が難しい動作の違いを示すことができた。また，肘・

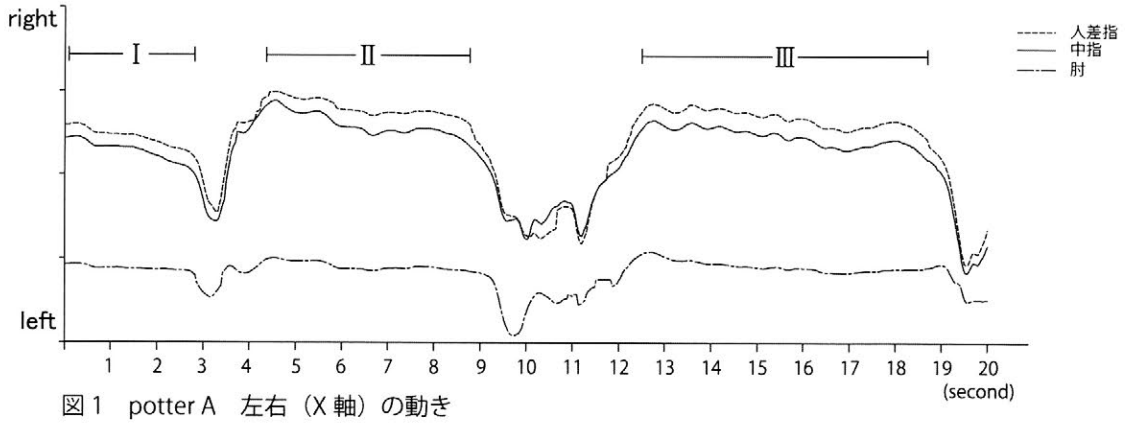


図1　potter A　左右（X 軸）の動き

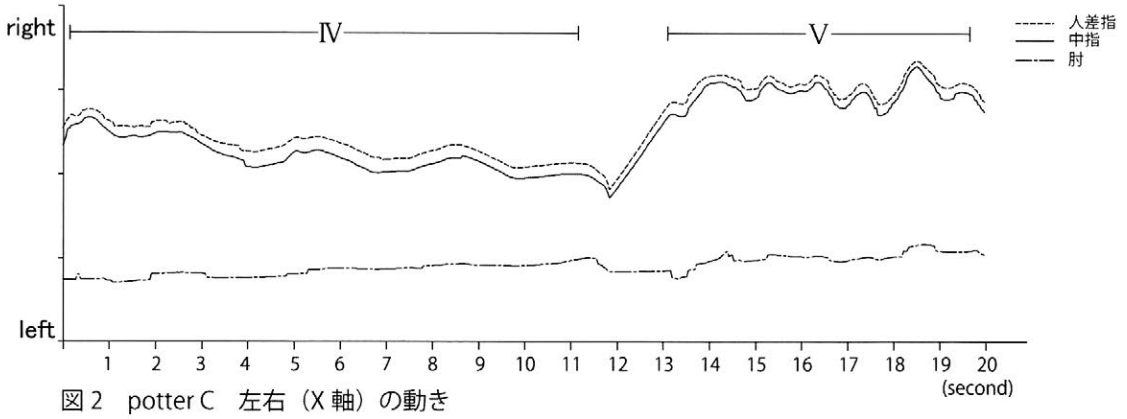


図2　potter C　左右（X 軸）の動き

指（手）との動きが連動しており，指の動きを示す波形が安定していることが読み取れる。

potter C：布ナデに要した約 20 秒間で，土器は 5 回転している。potter A と比較すると，非常にゆっくりと回転台を動かしていることがわかる。これは 2011 年に potter C が土器製作を始めたばかりのデータである。初心者であるため，グラフ上に動作の不安定さが示されている。一方で，布ナデの後半の過程において，肘が相対的に上がることや，人差指と中指の距離が近くなる点などが，potter A と共通している。

完成した土器の口縁部形態は，個人差はもちろん，個人内でも変異を確認することができる。potter A と potter C は布ナデの工程における所要時間はほぼ同じであるが，回転のスピードの違いにより，口縁部の成形に要する接触は potter C は少ない。そのこともあって，口縁部の作り出しが不十分となっているようである。もちろん，熟練度の浅さから，目標とする口縁部形態のプロトタイプが十分にできていない可能性もあるが，自在に口縁部形態を作出する技能を獲得していないため，直接的には指の微妙な構え方の違いや接触時間の違いが働いているものとみられる。また，グラフで示された動きの不安定さも，口縁部形態の類似性を下げる要因である可能性が考えられる。

ここでは，口縁部の布ナデでの仕上げを一つの事例として取り上げたが，その前段階の口縁部の板によるヨコナデ工程等との関係についても，検討が必要であると考えている。土器の形態と土器製作者の動きについて総合的に検討するためにも，今後も継続してデータの取得に努めていく予定である。また，我々の推進する個人同定法の確固とした確立と，その学界での普及を図る意味でも，この種の解析の活用を推進し，土器製作者の技を本質的に理解していく必要がある。

※本論は，JSPS 科学研究費・基盤研究（B）（26284124）の成果の一部である。

文献

川宿田好見・平川ひろみ（2013）「土器製作者のリズムと動作―モーションキャプチャーを用いた身体技法の基礎的研究―」『情報考古学』19（1・2）：13-27.

京都盆地中西部低地、向日市寺戸川縦坑・河床堆積層の文化財科学的研究

Archaeo-Scientific Study on the Fluvial Deposits of Terado-gawa Test Pit Project in Mukou City, Mid-western Lowland of the Kyoto Basin

○矢野健一（立命館大学）　中塚良（公益財団法人向日市埋蔵文化財センター）
佐々木尚子（京都府立大学）　浦蓉子（京都大学大学院）　杉山淳司（京都大学）
木村啓章（京都大学大学院）　辻本裕也（株式会社パリノ・サーヴェイ）

2012年夏、京都府向日市戌亥の寺戸川左岸でライフライン整備に関わる深さ約29mに及ぶ縦坑が掘削され、中塚は堆積物の試料提供を受けた。堆積物は矢野が保管し、うち6点に関して放射性炭素年代測定を実施した。その結果、地表下約4～9mの堆積層は上位層で5010±30yBP、下位層で4910±30yBPの年代が得られ、比較的短期間の河川作用で堆積した層であることが推定できた。佐々木の花粉分析の結果、スギ、ヒノキ科型、モミ属等の針葉樹花粉およびアカメガシワ属、エノキ属／ムクノキ属、ニレ属／ケヤキ属、アカガシ亜属、コナラ亜属などの広葉樹花粉がみとめられ、この時期の一般的傾向を示すと同時に、河川付近の開けた環境を示唆している。この堆積層中から発見された材1点は浦と杉山の樹種同定によればカエデ属である。

この直下、地表下約10～29mの堆積層は上部で48639±539yBP、中部で49205±578yBP、下部で53720yBPを超える年代を示す。下部では、スギ花粉が優占し、これにヒノキ科型、モミ属、ツガ属、マツ属単維管束亜属、コウヤマキ等の針葉樹花粉をともない、ハンノキ属やブナ属、ニレ属／ケヤキ属などの広葉樹花粉も産出する。琵琶湖の堆積物の花粉組成（Hayashi et al. 2010）などと比較すると、MIS5a前後（約7～8万年前）に相当する可能性がある。また、同じく下部からエノキ属の材3点が出土した。

このように、この縦坑堆積層は（1）約50000yBPの堆積層直上に約4900yBPの連続的に成層する厚い河川堆積物が堆積している点と、（2）4900yBP頃に大規模な洪水の頻発など急激な河床上昇をもたらす地形・水文条件変化が想定される点に特色がある。4900BPyBP頃は紀元前3650～3750年頃に較正され、縄文時代前期後葉の北白川下層Ⅲ式期に相当する。この頃は京都盆地東部の京都大学構内遺跡でも河道の変化を伴う河川活動の活発化が観察されており（冨井2010）、寺戸川縦坑における約5mの河川堆積もこれと関連した現象だろう。矢野と木村はこの時期の各地の状況を精査するとともに、中塚と辻本は堆積物の粒度や堆積層中の岩石片の分析から、長期に及ぶ河川堆積作用の動態的変化を分析し、植生変化との関係を含めた地理学的、考古学的、微化石的分析を総合的に行いたい。

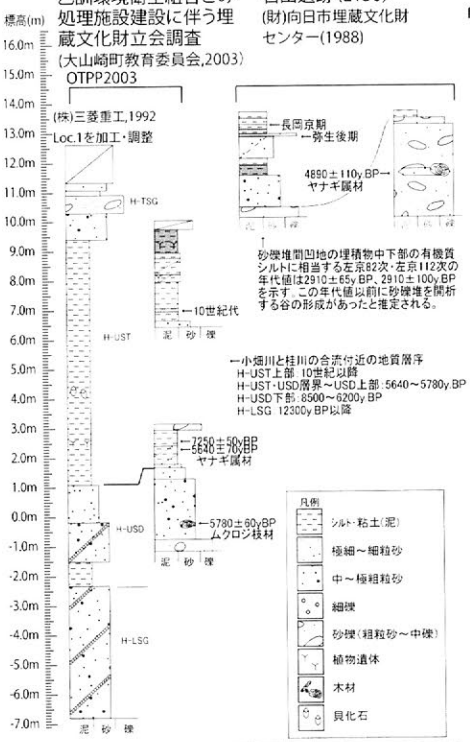
冨井眞（2010）先史時代の自然堆積層の検討による大規模土砂移動の頻度試算－京都市北白川追分町遺跡を中心として，自然災害科学29－2：163－178
Hayashi, R., Takahara, H., Hayashida, A. and Takemura, K. (2010) Millennial-scale vegetation changes during the last 40,000 yr based on a pollen record from Lake Biwa, Japan. Quaternary Research 74: 91-99.

乙訓環境衛生組合ごみ処理施設建設に伴う埋蔵文化財立会調査
(大山崎町教育委員会,2003)

石田遺跡(L130)
(財)向日市埋蔵文化財センター(1988)

OTPP2003

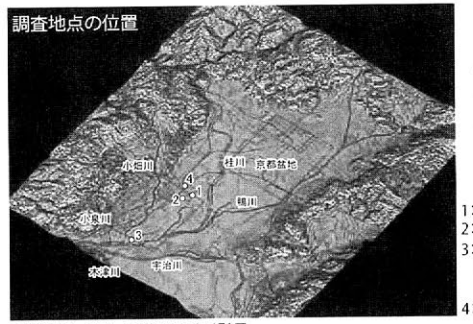
(株)三菱重工,1992
Loc.1を加工・調整



砂礫堆間凹地の埋積物中下部の有機質シルトに相当する左京82次・左京112次の年代値は2910±65y BP、2910±100y BPを示す。この年代値以前に砂礫堆を開析する谷の形成があったと推定される。

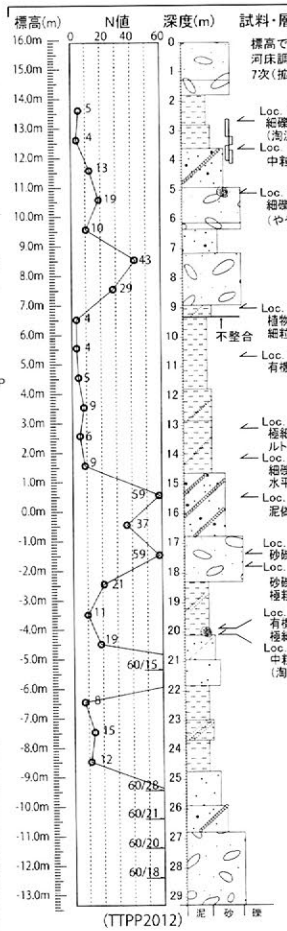
小畑川と桂川の合流付近の地質層序
H-UST上部 10世紀以降
H-UST・USD層界～USD上部 :5640～5780y BP
H-USD下部 :8500～6200y BP
H-LSG 12300y BP以降

凡例
シルト・粘土(泥)
極細～細粒砂
中～極粗粒砂
細礫
砂礫(粗粒砂～中礫)
植物遺体
木材
貝化石



鳥瞰図は、釜井・中塚,2011より引用

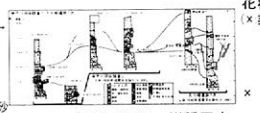
寺戸川河床調査1 (TTPP2012)



(TTPP2012)

標高で合わせた寺戸川→
河床調査2と久々相遺跡
7次(拡大図を下に示す)

Loc. 120821-01
細礫混じり極細粒～粗粒砂
(淘汰不良,生物擾乱)
Loc. 120822-01
中粒～細粒砂
Loc. 120824-01
細礫混じり細粒～中粒砂
(やや淘汰不良)
Loc. 120830-02
植物遺体葉理を挟在する中粒砂～細粒砂(水平葉理)
不整合
Loc. 120905-02
有機質泥質細粒砂(不明瞭な葉理)
Loc. 120907-02
極細粒砂葉理を挟在有機質泥～シルト(生物擾乱)
Loc. 120911-02
細礫・中礫混,細粒砂～中粒砂(水平葉理)
Loc. 120913-02
泥偽礫混じり細～粗砂,砂礫
Loc. 120918-03
砂礫(細中礫・細礫～中粒砂)
Loc. 120919-02
砂礫(細粒砂混じり細礫～極粗粒砂)
Loc. 120921-02
有機質泥質砂と細粒～極細粒砂(水平葉理)
Loc. 120926-02
中粒砂～極細粒砂
(淘汰不良,塊状?)



花粉分析
(× 非常に少ない △ 少ない ○ 多い)

年代・テフラ	樹種同定 (　)試料数	
		×
		×
5010±30yBP	カエデ属(1)	×
4910±30yBP K-Ah, ATガラス混じる		△ スギ属・アカガシ亜属・ニレ属-ケヤキ属・エノキ属-ムクノキ属・アカメガシワ属などが産出。河川周辺の局地的な植生を反映。
48639±539yBP		△
		×
		×
49205±578yBP		△
>53720y.B.P		○ スギ属が多く、ブナ・ニレ属-ケヤキ属・ハンノキ属などを伴う。MIS5a(亜間氷期)に相当?
>53820y.B.P	エノキ属(3)	

考古遺跡の動向

本調査地周辺では、中期末に遺跡が形成されるようになる。後期前葉～中葉(～3500y BP)まで遺跡数は増加傾向にある。以降晩期前葉(～3000y BP)までは遺跡数が減少・停滞傾向にあるが、晩期中葉以降再び遺跡数が増加傾向に転じる。

縄文時代前期末(5000y BP)は日本列島全体では遺跡数が減少傾向にあり、本調査地周辺では遺跡は確認されていない。京都盆地では当該期遺跡として、京都市北白川小倉町遺跡、長岡京市南栄ヶ塚遺跡があげられるが、いずれも前期末には活動が衰退する。

(日本列島全体を通し、活動の痕跡は少ない。約3万年前から遺跡が増加し、集落痕跡もみられるようになる。)

岩石片組成

泥岩多量含む。泥岩は琵丹山地を構成する丹波帯の頁岩などに由来することから、主に桂川水系の河川作用によって形成された可能性あり。

泥岩の比較的多い組成 桂川水系の河川の影響が強いと考えられるが、少量伴う凝灰岩や極めて微量伴う花崗岩類などの岩石片は、すぐ背後の西山丘陵を構成する大阪層群中の砂礫に由来する可能性がある。

含有量少ない。Loc.120907-02ではチャートのみ。チャートは丹波帯由来の岩石で、その再堆積層である大阪層群中の砂礫層に多量含む。西山丘陵の堆積物由来の可能性があり、その場合、桂川水系による堆積物の供給は少なく、背後の丘陵からの堆積物の供給が僅かにあったという状況が推定される。なお褐鉄鉱粒が比較的多く含まれる状況は、後背湿地的な環境を示唆。

泥岩主体の岩石組成。桂川水系の河川作用による形成が推定される。

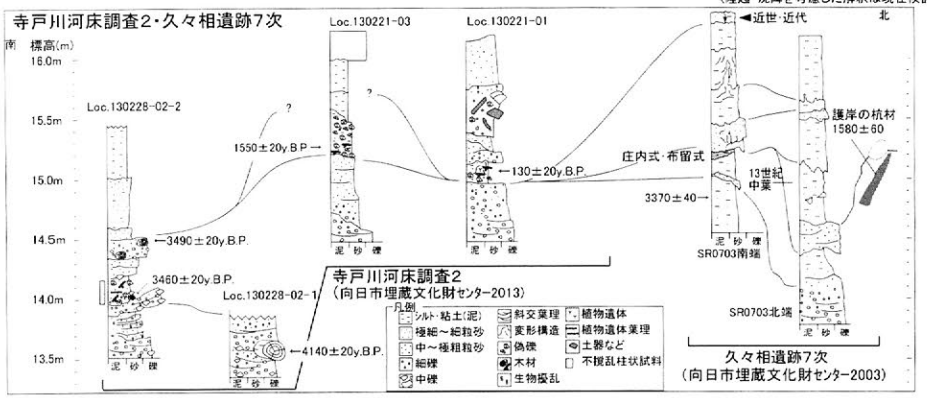
花崗岩類が泥岩と同量あるいは多い組成。花崗岩類の岩石片を比較的多く含む堆積物の供給があった。水系からみれば、宇治川や木津川の河川堆積物中には花崗岩類が比較的多く含まれている可能性がある。宇治川の上流域の信楽山地には田上花崗岩が広く分布し、木津川の上流域の大和高原北部には領家帯の花崗岩類が広く分布。宇治川あるいは木津川水系の河川による影響が強かった可能性がある。

量比少ない。泥岩が認められ、桂川水系の影響下にあった可能性がある。

泥岩主体。桂川水系による河川作用が主。花崗岩類を微量伴い、宇治川・木津川水系の河川による影響も推定。

(隆起・沈降を考慮した解釈は現在検討中)

寺戸川河床調査2・久々相遺跡7次



寺戸川河床調査2
(向日市埋蔵文化財センター2013)

凡例
シルト・粘土(泥)
極細～細粒砂
中～極粗粒砂
細礫
中礫
料交葉理
変形構造
偽礫
木材
生物擾乱
植物遺体
植物遺体葉理
土器など
不攪乱柱状試料

久々相遺跡7次
(向日市埋蔵文化財センター2003)

1:寺戸川河床調査(TTPP2012)
2:石田遺跡(1998)
3:乙訓環境衛生組合ごみ処理施設建設に伴う埋蔵文化財立会調査(OTPP2003)
4:久々相7次・寺戸川河床調査2

石垣刻印データベースによる生産地推定と作業集団の復元

—小豆島大坂城石垣石切丁場跡を対象として—

Guess of production center and group by Database of sign

○高田祐一（奈良文化財研究所）

○Yuichi TAKATA (Nara National Research Institute for Cultural Properties))

1.はじめに

近世初期、大坂城は徳川幕府によって再築された。再築にあたって石垣の石材を、割普請によって調達した。その過程で大名、作業工程などの明示を目的とした刻印を石材に打刻した。現在は石切丁場と石垣にて確認できる（写真１）。特徴的な刻印については使用大名が判明しているものの大半の刻印は評価できていない。そこで本発表では刻印のリレーショナルデータベースを構築し、多様な分析が可能となる情報基盤を提示する。実証的研究として生産地推定と作業集団の復元について報告する。

写真1 小豆島岩谷石切丁場の刻印

2.石垣刻印データベース

（1）石垣刻印データベースの目的

石垣刻印は、大坂城石垣だけで1300種類以上、約14000個確認している（1）。石垣築造に参加した大名は六十数家にもなり、大名・石切丁場・石垣・刻印の組み合わせを個別検証するには手作業では限界がある。そこで定量的に分析するためデータベース化した。生産地（石切丁場）－消費地（石垣）の関係、生産・運搬・石垣構築の工程に従事した集団を統合的に分析することが目的である。

（2）データベースのシステム方式

スタンドアローンのクライアントPCにオープンソースデータベースMySQL5.6にて構築した。リレーショナルデータベースとして、刻印マスターテーブル・石切丁場刻印テーブル・石垣別刻印テーブル、石垣別担当大名テーブルのデータモデルとした。データ操作はSQL文によるCUIとした。なお各刻印には一意の刻印コードを付与している。

（3）分析の課題

本報告では刻印による生産地推定と作業集団の復元を課題として設定した。具体的なテーマは次の通りである。①石切丁場の刻印と大坂城石垣の関係性解明（石切丁場の刻印は大坂城石垣で確認されているか。それはどこの石垣で誰の担当か）。②石切丁場内の刻印種分布の把握（刻印によって作業集団・作業領域を検出できるか）。

3.分析方法と結果

小豆島岩谷石切丁場は、福岡藩黒田家によって元和寛永年間に開かれ、６の丁場にて構成されている。各丁場は隣接しつつも地形的変化点に境界がある。本報告では岩谷石切丁場で確認されている刻印の内、合計個数が５個以上の刻印を分析対象とした。それらの刻印が大坂城石垣にて確認されているか、確認された石垣の数、その担当大名をまとめた（表１）。その結果、次の３点が判明した。

①３刻印を除き小豆島岩谷の刻印を大坂城石垣で確認した。すでに文献史料で岩谷が大坂城普請の石切丁場であることは周知であるが、刻印でも追認した。そして大坂城の多様な刻印は、石切丁場の切り出し時点で打刻されていたことが明らかとなった。

②形が単純な刻印（521・443・3・1010・556・254・739）は他家の石垣で大量に確認されている。つまり普請参加大名間で共通認識があった可能性がある刻印といえる。

③他家石垣に少なく、確認されている丁場数が１ないし２の刻印（247, 984, 954, 209, 178）は、大坂城普請において黒田家の特徴的刻印といえる。丁場ごとに偏りがあることから黒田家内の家中組の集団が５前後従事していたといえよう。実際に八人石丁場に「たくミくミ」という文字刻印がある（写真１）。この意味は加藤内匠吉成の組を指す「内匠組」と考えられる。同様の組が一定の領域を独自に確保しつつ複数従事していたといえる。

4.まとめ

データベースによって石切丁場と大坂城石垣の刻印を統合的に分析できるようになった。分析によって生産地を刻印によって追認し、家中組・作業領域の存在を指摘した。この手法は、他の近世城郭・石切丁場でも応用可能である。

刻印	刻印コード	小豆島岩谷「大坂城石垣石切丁場跡」								大坂城石垣	
		南谷	天狗岩	天狗岩礒	豆腐石	亀崎	八人石	合計	丁場数	壁数	担当大名
	1369						9	9	1	0	-
	1373						7	7	1	0	-
	247		18					18	1	7	黒田家他
	984						5	5	1	1	黒田家他
	955		4				1	5	2	2	黒田家無
	954		8					8	1	3	黒田家他
	502		1	1	5			7	3	3	黒田家他
	209	16					7	23	2	5	黒田家他
	178				8			8	1	11	黒田家他
	521		4				1	5	2	14	黒田家他
	443		8				1	9	2	24	黒田家他
	3		8					8	1	29	黒田家他
	1010		6		7			13	2	36	黒田家他
	556		1		1		3	5	3	46	黒田家他
	254		18		4	1	1	24	4	53	黒田家他
	739		10				2	12	2	57	黒田家他

表1 小豆島岩谷「大坂城石垣石切丁場跡」と大坂城石垣刻印の分析結果

本研究は、平成26年度科学研究費（学術研究助成基金：研究活動スタート支援）「近世における石材生産と運搬に関する広領域史的情報の資源化と実証的研究」（課題番号：25884098）（研究代表者 高田祐一）の成果の一部である。

参考文献

1）村川行弘 1970『大坂城の謎』学生社。高田祐一 2012「文化遺産情報資源共有化のためのリレーショナルデータベース構築－小豆島岩谷地区石切丁場における実践例－」第18回公開シンポジウム 人文科学とデータベース

「都幾山慈光寺蔵　木造伝毘沙門天立像の再修復処置について」

The Study of Reconservation for Wooden Statue of Vaisravana

○関根理恵（東京藝術大学大学院美術研究科）　辻賢三（東京藝術大学大学院美術研究科）
石栗太（宇都宮大学大学院農学研究科）　相蘇春菜（宇都宮大学大学院農学研究科）

都幾山慈光寺について

都幾山慈光寺は、東京の西北約 60km に位置し、埼玉県比企郡都幾川町のほぼ中央北端部の都幾川左岸、都幾山山腹に造営されている。町内には、縄文時代の遺跡が点在し、約 1 万年前後の有史ある地域である。都幾山慈光寺の開山は、白鳳 2（673）年と言われ、中世には、源頼朝公が篤い信仰を寄せていたことがわかっており、関東屈指の名刹として名高い。現在でも 100 を越える僧坊跡が残る。1993 年に慈光寺遺跡群現況調査が行われ、元禄 10 年一山絵図を基にした比較調査が行われ、詳細な僧坊跡が調査された。

その際、現在残っている慈光寺本坊を中心に、126 を越える僧坊跡が確認され、そこには、今回、再修復処置が施された毘沙門天立像が安置されていたと思われる毘沙門（所在地：都幾山 2689）の跡も確認されている。毘沙門は仁王門と対を成し、仁王門には礎石が残存している。

木造伝毘沙門天立像について

構造は、一木造で、内刳りはない。構造の特徴および歴史的観点から、制作年代は、平安時代の初期から中期と推測される。

着色はなく、素地。頭部、幹部から足下まで縦一材に彫刻を施す。瞋目、力強い鼻柱、張り気味のエラを持つ。両腕部は亡失しているが、構造特性および痕跡から判断すると、両腕を肩から矧ぎつけていたと思われる。

表甲は未着用の上半身は裸で、袴を着用。台座は、立像とは異なる後世の修復の際に取り付けられたとみられる別材が用いられている。

現在の状態：材質は一木造りのため大変堅牢で、構造上の問題はない。頭部左上が 8 分の 1 程度欠失している。腕は両腕とも亡失している。全体的に欠損部とくに摩滅している部分が多い。鼻柱は力強く残っているが、目はぼんやりと輪郭を残すのみで、口は痕跡を確認できる程度である。経年劣化により干割れ、木材の痩せ、虫による汚損、虫害穴が全面に見られる。また、干割れ部分にシリコンを塗布した後、アクリル樹脂による着色を施した前修復が、首から腹部、および腹部から足（膝まで）にかけ見られ、著しく外観を阻害している。

修復方針

正面中央に施された前修復が、著しく外観を阻害しており美観も損ねていることから、前修復で塗布されたシリコンおよびアクリル樹脂による着色を除去することを第一とした。また、経年による味わいを重視し、欠損部への補作は行わず、表面の摩滅はあるものの、木胎部は脆弱しておらずしっかりしており、構造上の問題がないため、一木造の風合いを残すために、パラロイドを用いる含侵強化や、虫害孔へのマイクロバルーンなどを用いた充填は実施しないこととした。そのため、洗浄のみに留めた。

修復工程

①事前調査：目視観察、基礎調査、写真撮影
②解体
③後世に施された補作部分および充填材（シリコン）の除去
④後世に施された補色部分の除去
⑤洗浄：エタノール、精製水を用いた洗浄
⑥樹種同定のための科学分析
⑦組み上げ
⑧写真撮影

材質について

原木は、目視観察によって年輪の様子から広葉樹材が用いられていることが確認できた。今回、修復に伴いサンプルを採取することができたため、樹種同定実験を行い、光学顕微鏡による観察の結果、ケヤキであることがわかった。環孔材の特徴を持ち、早材（大径の孔圏）道管が１～2 列に並び、晩材の小道管は集団となって波上もしくは接線上の配列を示していることから、ケヤキと同定した。

一木彫像の成立については、『栢木』の存在が当該分野で注目されており、ケヤキを用いた事例は、会津にある勝常寺の薬師三尊しか確認されておらず、本研究によって新たに平安時代の一木彫像の材質データとして、「カヤの少ない地域や、自生しない地域などでは、栢木についての別の解釈が生まれる可能性を示す」[1]とする先行研究を補完するデータを得ることができた。

謝辞

本研究に当たりまして、多大なるご協力をいただきました都幾山慈光寺佐伯頼栄御住職様、大久保達弘教授、宇都宮大学農学部森林科学科木材材料学研究室、宇都宮大学農学部森林科学科森林生態学育林学研究室に深謝いたします。

[1] 金子啓明, 第５章　日本の木彫像の樹種と用材観, 「木の文化と科学」, 伊藤隆夫編, 海青社, 2008, pp.100-101

三次元形状計測による前近代石割技術検討の新手法

The research of quarrying technique by three-dimensional measurement

○高田祐一（奈良文化財研究所）、広瀬侑紀（同左）、福家恭（長岡京市教育委員会）、
藤田精（高尾石材株式会社）
○Yuichi TAKATA (Nara National Research Institute for Cultural Properties),Yuki HIROSE,Takashi FUKE(the Nagaokakyo city board of education),Tsutomu FUJITA(TAKAO STONE.CO.,LTD)

1.はじめに

前近代、「矢」を使用することで大きな石の採取が可能となった。矢を挿入するために石にほられた穴を「矢穴」という。現在は石の切断面に残る矢穴痕跡の型式・サイズによって年代を推定する研究が進んでいる。しかし、矢による石割技術は、楔によって石を物理的に切断するのではなく、矢穴を基点に石に亀裂を生じさせ、矢のふくらみによって亀裂を押し広げることで石を割る原理にこそ特徴がある。そのため、矢穴痕の断面的な理解ではなく、矢自体のふくらみに注目することが重要であり、そのふくらみを検討するために、三次元計測という新たな手法を用いて石割技術を検討した。

2.調査方法

（1）矢穴掘りの再現実験

現在、香川県小豆島では近世初期に用いられていた矢・矢穴による石割技術は現存しない。そこで、石工である藤田精による矢穴掘りの再現実験を実施し、その様子をビデオ撮影した。ノミの動きや石工の利き手、姿勢等によって矢穴にその痕跡が残るか観察した（写真１）。また、藤田が掘削した矢穴をシリコンで型取りすることで、遺跡に残る矢穴痕を評価するための比較資料を得ることにした

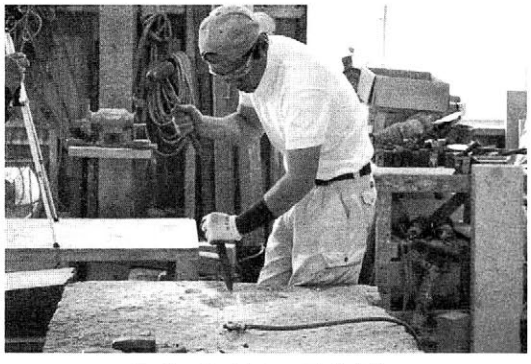


写真1 矢穴掘りの再現実験

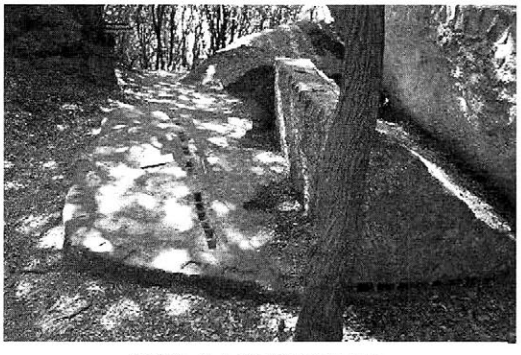


写真2 八人石丁場石材225

（2）香川県小豆島「大坂城石垣石切丁場跡」における矢穴の型取り

小豆島岩谷の八人石丁場において、シリコンによる矢穴の型取りを実施した。石材225の矢穴列（下取り線の線刻のみも含めて27個）の内、モデルケースとして８個の矢穴を対象とした（写真２、図１）。なお、表面観察によって、同矢穴列には掘削途中の矢穴が４個存在することが確認され、複数人が作業に携わっていたものと推測される。

3.分析結果

藤田による矢穴と石切丁場の矢穴のシリコン型を３次元スキャナ「NextEngine」によって３次元データ化した（図２・３）。その中から３次元データの縦断面を抽出して、矢穴毎の差異を検討した。

その結果、次の点が判明した。

ⅰ） 藤田の矢穴では、体の対面側の矢穴壁にふくらみが生じ、体側の底打ちは角がうまく出せていないという特徴が確認された（図4）。矢穴に残された痕跡と実演の動きを整合すると、矢穴掘りの姿勢が矢穴形状を規定している可能性がある。

ⅱ） 前述の通り石材225では掘削途中の状況から複数人による作業が想定され、矢穴底立ち上がり角度は、矢穴①②、③④⑤、⑥⑦⑧のグループで角度に差が見られた。

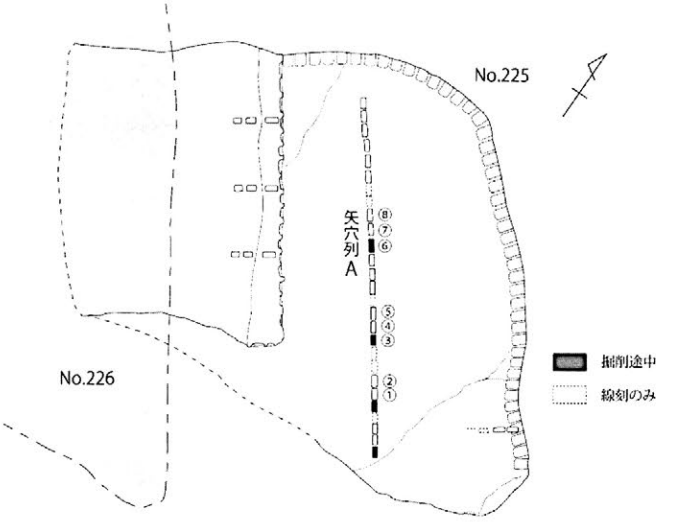


図1 八人石丁場石材225略測図

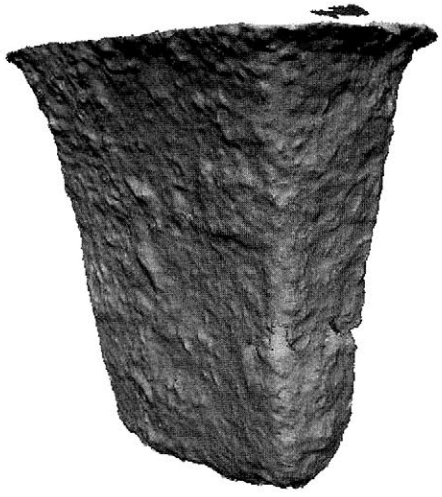


図2 矢穴の3次元計測結果

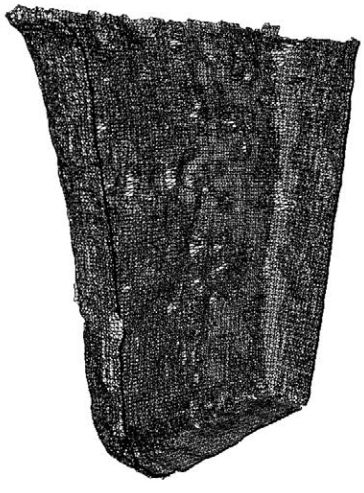


図3 矢穴の三次元断面図

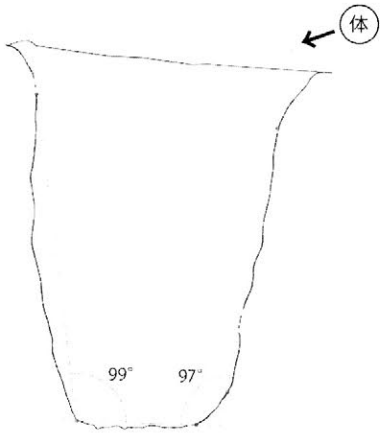


図4 藤田作成矢穴の断面図

この矢穴底立ち上がり角度の差は、ノミの動きや姿勢などの技法の違い、もしくは熟練度の違いによって発生する個人差ではないかと想定される。

4.まとめ

掘削途中の矢穴との位置関係や矢穴底立ち上がり角度によって、個人の作業特性を把握できた。これにより、丁場内での作業体制など実態解明にむけて、重要な基礎的研究が可能となった。以上の分析は、シリコンによる型取り、型の三次元計測技術によって初めて実証的に判明したものである。従来の実測図に比べ、詳細な断面形状やこれまで記録できなかった底打ちの状況などが把握可能となり、効率的・多角的に分析できる基盤技術であると言えよう。また、この三次元によって矢穴を評価する新手法は、全国の近世城郭の石垣や石材土木構築物に展開することが可能であり、前近代の石割技術の解明に有効であろう。

本研究は、平成26年度科学研究費（学術研究助成基金：研究活動スタート支援）「近世における石材生産と運搬に関する広領域史的情報の資源化と実証的研究」（課題番号：25884098）（研究代表者 高田祐一）の成果の一部である。

赤外線撮影法による彩色材料調査の有効性に関する研究 2

Study on effectiveness for the painting materials investigation by the infrared photography method 2

○秋山純子、森實久美子(九州国立博物館)

1．はじめに

彩色材料は当時の社会情勢や世界との交流の歴史を解明する上で重要な要素のひとつである。しかしこれまでは非破壊での分析が難しく、科学的に彩色材料を分析、解明するには限界があった。近年の分析装置の発展により非破壊で多くの情報が得られるようになっている。その中で彩色材料について確実な情報を得るには、有効な分析手法を確立する事が求められる。絵画の彩色材料の解明には、非破壊でもっと簡便な「面」の広がりを持った総合的な判断要素となる科学分析が必要である。本研究では、簡便なデジタルカメラを使った赤外線撮影を行い、彩色材料の面的調査に有効な情報を得ることが目的である。

2．これまでの研究

これまで九州国立博物館(以下、九博)の絵画担当の研究員3名および修復の専門家による彩色材料についての意見をもとに作成した、赤外線調査の基本となるカラーチャートを基準として実際の絵画の調査を行った。超高精細大型平面入力スキャナ装置を使って、カラーチャートと九博所蔵の絵画に対して赤外線撮影をし、彩色材料の面的調査に有効であるか検証した。また、赤外線撮影法で見分けられる彩色材料を特定するためには、彩色材料の基本的な情報を把握する必要がある。そこで、簡易型の蛍光 X 線分析装置で成分分析を行った。蛍光 X 線分析の結果と赤外線画像を照らし合わせ、どのような成分の顔料が赤外線を反射・吸収する性質を持つのか明らかにした[1)]。

3．調査方法

これまでの赤外線撮影には、均一に高精細な画像が得られる大掛かりな装置を使用したが、本研究では、簡便に撮影できるデジタルカメラで赤外線撮影を行った。使用したデジタルカメラは PENTAX 製中判デジタル一眼レフカメラ 654D である。カメラ本体は赤外線カットフィルターが内蔵されていない赤外線撮影用のカメラなので、リコー製 IR カットフィルターを取り付けて通常の撮影を行った。赤外線撮影にはガラスフィルターの Kenko 製赤外線撮影専用 PRO1 Digital R72 を使用した。

また、赤外線画像を詳しく検証するために二次元分光スキャナ装置(イメージング分光器 V10C:JFE テクノリサーチ株式会社製)を使って、非接触で面的に彩色部分の分光反射スペクトルを検討した。

4．結果および考察

調査対象資料は自作カラーチャート(図1)と九博所蔵の「紙本着色金胎仏画帖断簡(金剛歌菩薩)」(平安時代、12世紀、1幅、本紙:縦25.0cm　横14.0cm)である(図2)。この絵画は彩色は少ないが、基本的な緑、黄、赤、青が彩色されている墨線のきれいな仏画である。

デジタルカメラによる赤外線画像はR72のフィルターによって、720nm以下の可視光領域をカットした近赤外領域の画像となる。カラーチャートの赤外線画像を見ると群青、緑青は濃灰色を呈し、特に粒子の粗い濃色(8番)は黒色に近い。辰砂、朱、丹は白く抜けるが、赤茶系の弁柄・代赭は灰色を示した。唯一の染料である藤黄は白く抜け、黄土は淡灰色を呈した。白色はすべて白く写り、墨は黒色を示した。

仏画の赤外線画像では頭、光輪の青色部分、菩薩の肩から下がる布の緑色の部分は暗く写り、唇、体部分の光輪と右下の文字の赤色部分は白く抜けた。冠、光輪、組んだ足部分の布に

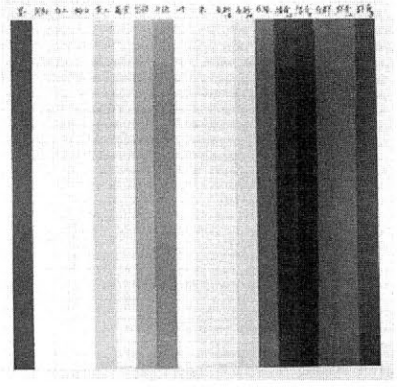


図1　自作カラーチャートの赤外線画像
右から群青(8 番、12 番)、白群、緑青(8番、12 番)、白緑、辰砂(10 番、14 番)、鎌倉朱赤口、丹、弁柄、岱赭、藤黄、日本黄土、鉛白、白土、胡粉、墨

図2 金胎仏画帖断簡の赤外線画像

黄色が使用されているが、いずれも白く抜けた。

二次元分光スキャナ装置による測定結果から、それぞれの彩色材料が近赤外領域にどのような反射・吸収を持つのか把握する事ができた。カラーチャートの分光反射スペクトルを見ると、緑青(図3)は赤外領域に吸収を持ち、白緑は少し反射を示した。朱や丹は600nm以上の波長領域をほとんど反射し、弁柄は同領域の光を吸収する特徴的なピークを示した(図4)。いずれも赤外線画像の濃淡と一致する結果だった。

仏画の緑色、赤色部分の反射スペクトルをカラーチャートのそれと比較すると、緑色部分はカラーチャートの緑青が530nm辺りに反射のピークを示すのに対し、580nm辺りに反射のピークがあった。赤外線画像を詳細に観察すると、黄緑色の淡い部分も白く抜けることなく灰色に写っていることから、黄色が重ねられているのではなく、顔料自体が黄色味がかっているため、反射スペクトルのピーク位置が長波長側へシフトしたと考えられる。また近赤外領域の反射は少ない(図5)。一方、赤色部分はすべてにおいて600nm以上の波長領域で反射を示し、赤外線画像とも一致する結果だった(図6)。

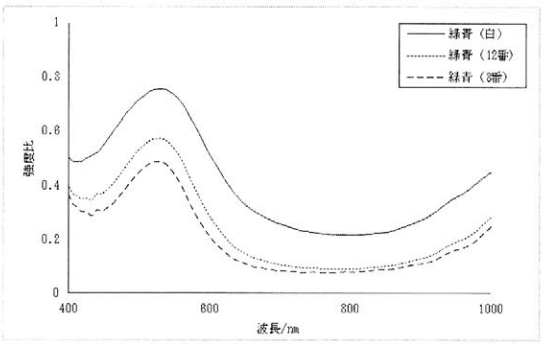


図3 緑青の分光反射スペクトル

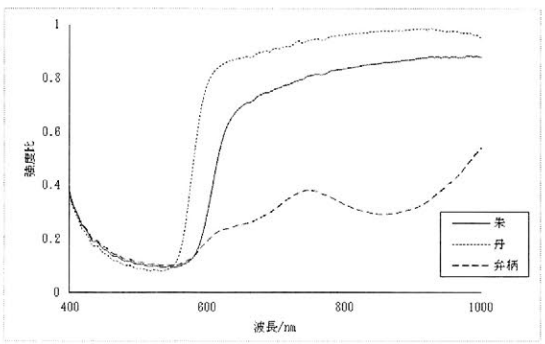


図4 朱・丹・弁柄の分光反射スペクトル

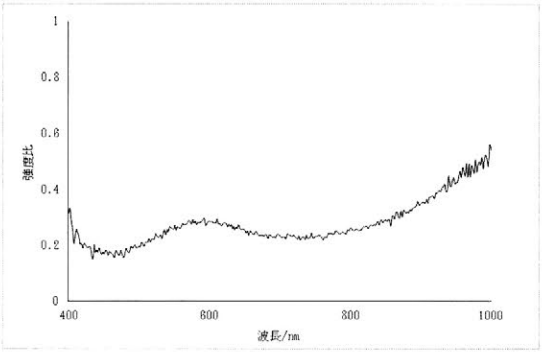


図5 菩薩の肩から下がる布(緑色)部分の分光反射スペクトル

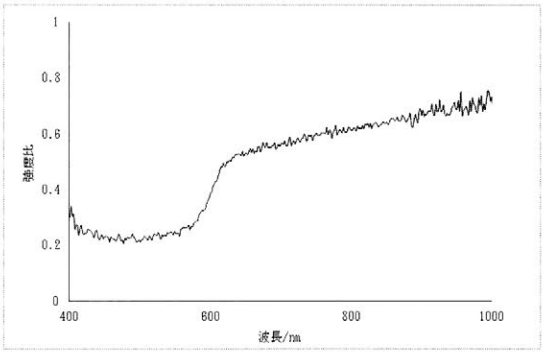


図6 菩薩の唇の分光反射スペクトル

5．まとめ

今回、赤外線画像の検討を分光反射スペクトルの測定結果と併せて行い、赤外線画像の濃淡と赤外線領域の反射スペクトルが一致することが分かった。今後は絵画の調査事例を増やし、彩色材料の面的な広がりを検討する材料として赤外線画像の有効性を検討していきたい。

※本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)(課題番号:24501265)により行われたものである。

参考文献

1) 秋山純子,森實久美子:赤外線撮影法による彩色材料調査の有効性に関する研究 1,文化財保存修復学会第35回大会要旨集, pp.254-255 (2013)

キルギス出土のシルクロードのガラスと日本の古代ガラス

Silk Road glass excavated from Kyrgyzstan, a comparison with ancient Japanese glass

○澤村大地(東理大・理)、柳瀬和也(同左)、松崎真弓(同左)、中井 泉(同左)、
セルゲイ・ラプチェフ(MIHO MUSEUM)、A. イシラリエバ(キルギス国立歴史博物館)
○D. Sawamura[1], K. Yanase[1], M. Matsuzaki[1], I. Nakai[1], S. Lapteff[2], and A. Isiralieva[3]
(1. Tokyo University of Science 2. MIHO MUSEUM 3. State History Museum)

1. はじめに

ガラスは西アジアに起源を持ち、シルクロードを経て東へと伝播した[1)]。日本にガラスが伝わったのは、弥生時代前期末とされるが、当時の日本には原料からガラスを製造する技術はなく、古墳時代末期まではその全てが海外からの搬入品であった[1-2)]。一般的に、ガラスの化学組成はその原料の種類や産地を反映し、生産地や時代によって変化することから、ガラスの起源を議論する際に重要な指標となる。我々はこれまで、弥生～平安時代に年代づけられる日本国内の遺跡や古墳出土ガラス、更にはその起源の一つと目される東南アジアおよびインドのガラスビーズに着目し、蛍光 X 線分析法による非破壊オンサイト分析によるガラス組成の特性化を行ってきた[3-5)]。しかしながら、中央アジア出土ガラスの化学的な分析例は非常に少なく、当地域のガラスの流通は不明な点が多い。当地域はシルクロードの中央付近に位置し、西方から東方へのガラスの流通を考える上できわめて重要である。そこで、本研究では中央アジア、キルギス出土の古代ガラスの組成分析を行い、組成的特性化によりどのようなガラスが同地域内で流通していたかを解明することを目的とした。また、その結果を日本列島で出土した古代ガラスと比較することで、東アジアとのガラスの流通についても合わせて議論した。

2. 分析資料および分析装置

本調査ではキルギス国立歴史博物館およびオシュの大シルクロード博物館所蔵のガラス資料を対象とし、いずれもキルギス国内の遺跡から出土したものである。資料の多くはガラス容器またはガラスビーズであるが、年代によって大きく 2 つに分類される。1 つは 1~4 世紀に年代付けられるガラス製品である。これらは 1 点の容器を除いてビーズ製品であり、赤色や青色、黄色など様々な色調を呈していた。また、Jyalpak-Dyobyo(ジャルパック・ヂョビョ)墓地遺跡から出土した無色透明なガラス容器は、ライオン頭飾突出型取手や表面に施された樅枝模様など非常に豪華な作りをした名品である。8~12 世紀に年代付けられるもう 1 つの資料群は、イスラームガラスに似たガラス容器および様々な色調に着色されたガラスビーズである。

化学組成分析には当研究室が OURSTEX(株)と共同で開発した可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-IV を用いた。得られた蛍光 X 線スペクトルから、検量線法等を用いて計 22 元素を定量し、酸化物換算濃度を算出した。また、ガラス中に散在する顔料の相同定には赤色レーザー(785 nm)を搭載した可搬型顕微ラマン分光分析装置 MiniRam(B&W TEK 製)を用いた。

3. 分析結果および考察

蛍光 X 線分析装置により得られた化学組成に基づいて全 122 点を分類した結果、ソーダ石灰ガラス(Na_2O-CaO-SiO_2 系)が多くを占めた。この時代のソーダ石灰ガラスは、メソポタミア地域に起源をもつ植物の灰

を融剤として使用した「植物灰ガラス」、または地中海沿岸地域で生産された、蒸発岩鉱物ナトロンを融剤として用いた「ナトロンガラス」に大別される[6]が、本資料の多くは植物灰ガラスであった。特に、8~12 世紀の容器ガラスに関しては全てが植物灰ガラスであり、イスラームガラスがキルギスへと搬入されていたことが示唆された。また同時代の多くの資料で Mn 消色剤の添加が見られた。

一方、1~4 世紀に年代付けられるガラス容器(図 1)は、植物灰に多く含まれる Mg の含有量が 0.5 wt%程度と低く、ナトロンガラスであることがわかった。非破壊分析であるために表面風化の影響も受けているが、消色剤として Sb を 0.76 wt%程度含むことが明らかとなった。Sb 消色剤はローマ帝国期までの地中海沿岸地域で使用された消色剤であることから[7]、ローマガラスが搬入されたものと考えられる。また、1~4 世紀に年代付けられるガラスビーズには、植物灰ガラスだけでなく、Mn を付随する紺色カリガラスや Sb を付随する紺色ナトロンガラス[8]、銅赤着色のアルミナソーダ石灰ガラスなど、弥生~古墳時代に日本で流通した古代ガラスと類似した特徴を有するものも検出された。また、合成黄色顔料であるスズ酸鉛によって着色された黄色・黄緑色ガラスも認められた。しかし、今回分析した植物灰ガラスの多くは日本のものとは異なる組成的特徴を持ち、異なる起源のものと考えられる。

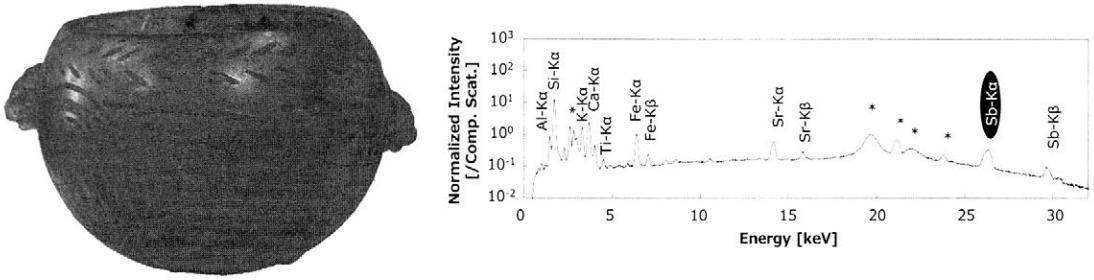


図 1 Jyalpak-Dyobyo 墓地遺跡出土ガラス容器および蛍光 X 線スペクトル

【謝辞】

本研究を進めるにあたり、キルギスにおける分析調査のきっかけを作ってくださった、東京文化財研究所の山内和也先生に深く感謝申し上げます。また調査に際して多大なるご協力を賜りましたキルギス国立歴史博物館および大シルクロード博物館関係者各位に厚く御礼申し上げます。なお、データ解析・解釈における当研究室の阿部善也助手の協力にも深謝します。

【参考文献】

1) Ancient glass research along the Silk Road, Ed. by G. Fuxi, R. H. Brill, T. Shouyun, World Scientific. Singapore, (2009).
2) 肥塚隆保, 田村朋美, 大賀克彦:月刊文化財, **566**, 13-25 (2010).
3) 白瀧絢子 ほか:考古学と自然科学, **62**, 29-52 (2012).
4) 松崎真弓, 白瀧絢子, 池田朋生, 中井 泉:X 線分析の進歩, **43**, 437-452 (2012).
5) 柳瀬和也 ほか:X 線分析の進歩, **45**, 279-303 (2014).
6) Shortland, A.J. *et al.*:*Journal of Archaeological Science*, **33**, 521-530 (2006).
7) Sayre, E.V.: In *Advances in Glass Technology, Part 2*, pp. 263-282, Plenum Press (1963).
8) 田村朋美, 高妻洋成:日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集, 24-25 (2012).

古代エジプトおよびメソポタミアの ガラス・セラミックス生産における青銅のリサイクル

Recycling of bronze in the production of glass and ceramics in ancient Egypt and Mesopotamia

○大越あや[1]、阿部善也[1]、中井泉[1]、菊川匡[2]、四角隆二[3]
(1 東理大・理、2 古代エジプト美術館、3 岡山市立オリエント美術館)
○Aya Ohkoshi[1]、Yoshinari Abe[1]、Izumi Nakai[1]、Tadashi Kikugawa[2]、Ryuji Shikaku[3]
(1 Tokyo University of Science、2 The Ancient Egyptian Museum、3 Okayama Orient Museum)

1. はじめに

銅は人類が初めて利用した金属とも言われ、その用途は金属製品・合金からガラスやセラミックスの青色着色剤、顔料の原料に至るまで多岐に亘っていた。その需要は特に中・後期青銅器時代にメソポタミア・エジプトの両地域におけるガラスの大規模生産の開始に伴い増加したが、エジプトにおいては青銅製品の生産工程で出た副生成物や錆をガラスおよびファイアンスの着色剤として再利用し、銅の消費量を節約していたことが指摘されている[1,2]。我々はこの着色剤としての青銅の再利用に着目し、可搬型蛍光 X 線分析装置を用いた非破壊オンサイト化学組成分析から、同時代内で生産された青銅と銅着色製品との関連性を解明するための研究を進めている。これまでエジプト新王国時代の遺跡より出土したガラス・ファイアンス・合成顔料（エジプシャンブルー）の分析から、遺物間あるいは製作された年代によって利用された青銅の組成に違いが見られることを明らかとした[3]。このように古代エジプトではガラスおよびセラミックスの着色剤としての銅に青銅を再利用していたことが示されている一方で、同時代のメソポタミアの資料ではこうした青銅の再利用の痕跡は報告されていない[4]。そこで本研究では、これまでエジプト出土の資料に対して進めてきた研究を同時代のメソポタミアへと拡大し、両地域の銅着色青色ガラスに関して非破壊分析を実施し、得られた化学組成から原料面での共通性・相違性および時代による変遷について検討した。

2. 実験概要

分析資料は、岡山市立オリエント美術館および古代エジプト美術館所蔵の後期青銅器時代に年代付けられる古代メソポタミアの水色ガラス 35 点、古代エジプトの水色ガラス 14 点、水色ファイアンス 9 点、エジプシャンブルー30 点の合計 88 点である。これらの美術館資料に加えて、先行研究[3,5]で報告したエジプト新王国時代の遺跡出土の銅着色製品 116 点の分析値を引用し、計 204 点の化学組成データを解析に用いた。非破壊化学組成分析には、可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-IV (OURSTEX (株)) を用い、検量線法によって主成分から微量元素まで全 22 元素を定量分析し、酸化物換算濃度を算出した。検量線は認証標準物質及び自作標準試料を用いて、ガラス・ファイアンス用と顔料用の 2 種類を作成した。資料の出土情報、様式的特徴に基づいて時代ごとに分類し、特徴的な元素に着目してデータを解析し、組成の特性化を図った。

3. 結果・考察

まず銅着色の青色ガラスに着目して、青銅の主成分である銅とスズの相関性を検証した(Fig.1)。メソポタミアの銅着色ガラスからはほとんどスズが検出されなかったが、これは同地域のいわゆる「青銅」にはスズの含有量が少ないことと呼応しているのかもしれない。一方、亜鉛やヒ素と言った元素もほとんど検出されなかったことから、銅合金の再利用行為はなかった可能性が指摘できる。エジプトの資料においても、ガラス生産が開始された直後の第 18 王朝中期に年代づけられる資料にはスズを含まないものが多く見られ、青銅の再利用が第 18 王朝後期以降から本格化したことが示唆された。

続いてエジプトの出土のガラス以外についても同様の検証を行ったところ (Fig.2)、青銅の再利用の開始時期が種類によって異なる可能性が明らかとなった。ガラスと顔料 (エジプシャンブルー) において有意な量のスズが含まれるようになるのは第 18 王朝中~後期であるのに対し、ファイアンスは中王国時代~第二中間期と早い。この結果は、エジプトにおける青銅の再利用は第 18 王朝のガラス生産開始に伴うものではなく、ファイアンス生産で独自に行われていた技術が他の製品の生産へも波及したものである可能性を示唆している。当日は銅着色剤以外の原料 (シリカ源、石灰源) について行った組成的特性化の結果についても発表する。

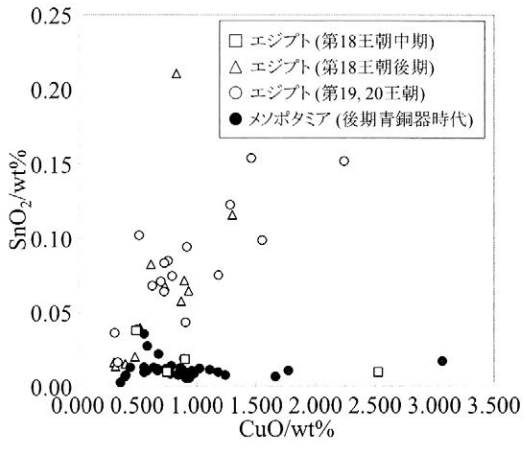


Fig.1 エジプトとメソポタミアの比較

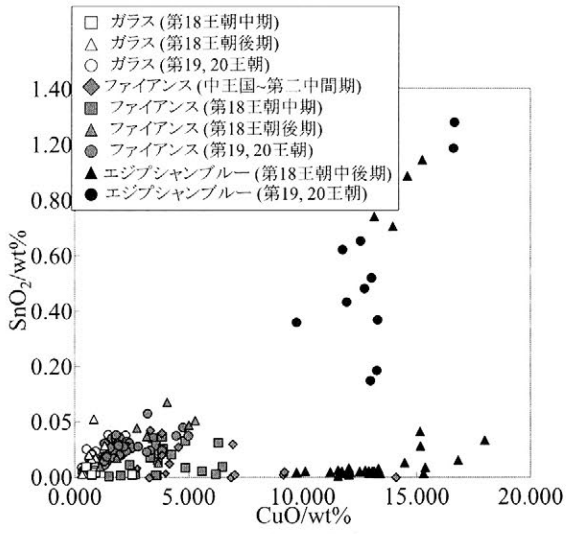


Fig.2 エジプト銅着色製品の特性化

【参考文献】

1) Kaczmarczyk, A. and Hedges, R.E.M.: *Ancient Egyptian faience: an analytical survey of Egyptian faience from predynastic to Roman times*, Aris & Phillips, London (1983).

2) Shortland, A.J. and Eremin, K.: *Archaeometry* **48**, 581-605 (2006).

3) 大越 あや 他: 第 30 回日本文化財科学会, 講演要旨集 p.144-145, 弘前大学 (2013).

4) Moorey, P.R.S.: *Ancient Mesopotamian Materials and Industries*, Oxford University Press, Oxford (1994).

5) 阿部 善也 他: 『エジプト学研究別冊第 16 号 アブ・シール南丘陵遺跡第 21 次・第 22 次調査概報』 pp. 67-77, 早稲田大学エジプト学研究所 (2013).

火炎土器の用途分析
Usage analysis of the Flame style pottery

西田泰民(新潟県立歴史博物館)、吉田邦夫(東京大学総合研究博物館)、宮尾亨(新潟県立歴史博物館)、宮内信雄(十日町市博物館)、Oliver Craig(ヨーク大学)、Carl Heron(ブラッドフォード大学)

縄文時代中期に信濃川中・上流域を中心に広がりを見せた火炎土器は縄文時代を代表する土器として、多くの出版物にその写真が掲載されており、知名度が高い。その過度ともいえる装飾性から、火炎土器は通常の用途の土器ではなかったと推定する研究者も少なくない。しかしその火炎土器の主要な器種である火焔型土器も王冠型土器も出土状況は必ずしも特殊性を示すわけではなく、しばしば他の土器と同じ場所に混在して廃棄された状態で出土する。一方で、上下逆さの状態で出土したり、焼成時に器面に黒班が生じないような配慮がなされていたとみられるなど、通常の土器とは異なる扱いを受けていたことを示唆するような形跡も観察される。

ただし単に据え置く容器ではなく、煮炊きに使用される土器であったことは間違いなく、調理痕跡が残っている例が多々あり、突起が破損した後も煮炊き用に使用された事がわかる個体も知られている。では調理に使われたとすれば、昨年報告した縄文時代後晩期の精製土器と同じように(西田他2013)、その内容物は他の土器とは異なっていたのか、儀礼食調理のための土器であったといえるのか、化学的に探るため、炭化付着物および器体浸透成分の分析を行った。

試料は新潟県魚沼市原居平遺跡、正安寺遺跡及び同県長岡市山下遺跡出土の縄文時代中期中葉を中心とする土器をサンプルとした。炭化付着物はそのまま金属スパーテルで採取した。浸透成分については、ルータを用いて土器裏面の1～2cm角の範囲の表層を1mmほど削り取った後、その内部を1g程度採取し,試料とした。その後、Craig他(2007)などに記載された方法によって、脂質の抽出とGC質量分析、GC安定同位体分析を行った。参照データとしては、2004年より継続している土器煮炊き実験による生成炭化物などを用いた。

炭素、窒素の安定同位体分析では大まかに付着物の元となった食物の違いを検討し、脂質分析でさらに詳細な絞り込みを行った。このうち火炎土器の多くに水棲動物の脂質やバイオマーカーが検出された。縄文のみの土器等では脂質が僅かしか検出されず、水棲動物のバイオマーカーが検出された個体もあるが、窒素安定同位体の値が火炎土器に比べ低く、もともと食物連鎖の下位の素材が調理されたのか、植物のような素材が多く混在していた可能性がある。火炎土器の方が素文の土器より魚調理など調理物が限定されていたということもできるかもしれない。

脂質の安定同位体分析結果からは海産生物の調理が示唆されるので、海から80km離れた魚沼市の遺跡でどのようにして素材が入手されていたのか興味深い。鮭など遡上魚が火炎土器で調理されたという解釈もありうるであろう。

Flame style pottery is iconic in Japan, with is elaborated forms and applied decoration it is often used a symbol to represent all Jōmon pottery. Flame pots are distributed mainly along the upper and middle Shinano river basin in the Middle Jōmon period (ca 5,500 - 4,500 cal B.P.). Due to their elaborative decorative designs, many researchers think that those pots had special uses. Flame style pots are often found deposited in occupational debris and alongside other non-decorated utilitarian pots. However. occasional, they are found placed upside down and generally they seem to be more carefully fired than other vessels, possible clues of their special significance. As carbonized residues and soot are often observed, it is apparent that the pots were used for cooking rather than storage. Occasionally, damaged pots were re-used for cooking. Beyond these observations little is known about the use of flame pots. A key question is to know whether the use of flame pots differed from undecorated pottery and, if so, whether the foods prepared in them had special significance?

To address this we have conducted organic residue analysis on carbonized and the absorbed residues of the contemporaneous flame and undecorated pots. The samples were obtained from pottery fragments unearthed from three different sites in the Niigata prefecture, Hara-Idaira, Shoanji (Uonuma city) and Sanka (Nagaoka city), all belonging to the middle phase of the Middle Jōmon period (ca. 5,000 cal. B.P.). Bulk carbon and nitrogen stable isotope analyses of the carbonized surface deposits were carried out to crudely assign the residues to different foods and lipid analysis was carried out to make more specific identifications, based on the presence of biomarkers and the isotopic composition of individual compounds (Craig et al. 2007). Lipids and particularly biomarkers for aquatic organisms were observed in the majority of the flame pots that were analysed.

Lipids were much less abundant in the undecorated pots and, although biomarkers for aquatic organisms were occasionally observed, the nitrogen isotope values were much lower than the flame pots, indicating either processing of a lower trophic level aquatic organism or extensive mixing with low trophic level foods, such as plant materials. It is suggested that flame pots had a more restricted range of uses, most likely for processing fish, than the undecorated pots.

The source of the aquatic products in the flame pots is interesting as the carbon isotopes of fatty acids matched referenced ranges for marine fish, an unexpected result given that Uonuma city is situated more than 80km from the sea. A likely explanation is that migratory fish (such as salmon), with marine isotopic signatures, were exploited and preferentially used in flame style pottery.

文献

Craig O. E., et al. (2007) Molecular and isotopic demonstration of the processing of aquatic products in northern European prehistoric pottery. Archaeometry 49:135-152.

西田泰民他(2013) 縄文土器の使い分け、日本文化財科学会第30回大会要旨

なお、この研究は科学研究費補助金「先史時代における儀礼食の研究」の成果の一部を含む。

応力変化を視座にする古墳時代中期短甲の研究

Research of stress variation of tumulus period armor

○大江克己（奈良大学大学院）、清水早織（奈良大学大学院）、西山要一（奈良大学）

○ Katsuki Ooe [1], Saori Shimizu [1], Yoichi Nishiyama [2]

(Graduate school of Nara university [1], Nara university [2])

1.研究背景

一般的に武具の効用を考察する時、身体の保護を想像する。この事は、古墳時代中期の武具も同様であると思われ、身体保護の効用は堅牢性の概念として一つの解釈の指針とされて来た。しかし、研究史上で示される堅牢性は不明瞭な概念であり、概念の定型化を促す先行研究は確認出来ない。現行の研究では、型式学的検討から設計を主観とした情報抽出や製作工程の復原が行われるが、設計を想定する上で堅牢性に関する考察を除外する事は出来ない。その理由として、形状判断で同一設計と想定可能な状況でも、本体強度が異なれば同一と想定する事は困難である為による。本研究は以上の背景を受け、堅牢性の側面より短甲を概観し、設計に関する情報抽出に有用な手法の考察を行うものである。

2.着目視点

堅牢性に関する概念について、その基礎は身体保護力（防御能力）と構造維持力（本体形状維持力）に分類する事が出来る。この分類を短甲属性へ移すと、身体保護力は地板幅（厚さ）・地板連結強度（以下、連結強度）・地板連結部数（以下、連結部数）に依存し、構造維持力は連結強度・連結部数の増加に依存する。短甲の型式学的変遷は、地板枚数・連結部数の減少が指摘されており(小林 1974)、変遷傾向と併せると、連結強度の増加は共通する属性として指摘できる。この事から、設計に主観を置くと、設計段階で連結強度は考慮されていると考えられ、連結強度を捉える事は、設計情報の抽出に有効な知見を得られる可能性が高い。連結強度に視点を置く場合、連結強度は連結部に作用する応力に依存する。応力は当該連結部に付属する地板総重量・連結部断面積に支配される為、連結部へ作用する剪断応力として表す事が可能となる。即ち、剪断応力は地板の変化を反映する事が推測され、型式学的な検討のみでは捉えづらい微細な変化を認識する事が可能となる。

3.研究目的

上記の背景及び着目視点を踏まえ、本研究では短甲連結部の剪断応力を捉える事を目的とし、その方法の有効性の有無より検討を始める。本研究での初期の検証に際し、型式学的検討によって同一設計と想定され、剪断応力と型式学的検討との相互比較が行い易い短甲が適する。この点を鑑み、三角板革綴短甲と長方板革綴短甲の後胴を用いた。双方の短甲は製作時期が近似し併存する形式の短甲であり、先行研究から、同一の技術基盤によって製作されたと想定されている（阪口 1998）。その為、剪断応力と型式学的検討との相互比較が行い易く、本研究初期の検証に適すると推測される。

4.検証方法

図面上の寸法を用いて、三角板革綴短甲（下開発茶臼山９号墳例・堂山１号墳例・ニゴレ古墳例）、長方板革綴短甲（豊中大塚古墳例・野毛大塚古墳例・小野王塚古墳例）の剪断応力（N/cm^2）を算出し検証を行った。検証について、短甲の周辺状況（装着時又は保管時）により、掛かる応力方向は変化する事が考えられる。ここでは、剪断応力を直接的に捉える為、床面に置いた状態（受ける重力を揃えた状態）を想定し、以下の計算式と算出条件を設定し算出した。

【 計算式 】

$$1:\ g_1 = V \cdot D \qquad 3:\ M = \frac{P}{n}$$

$$2:\ P = g_2 \cdot N \qquad 4:\ \sigma = \frac{M}{A}$$

g_1 … 地板重量　　N … 重力加速度
V … 地板体積　　M … 単一連結部に付属する荷重
D … 密度　　n … 連結部数
P … 荷重　　σ … 剪断応力
g_2 … 積算重量　　A … 連結部断面積

【 算出条件 】

① **応力算出位置**：9位置の応力を算出した（図1）。算出値は連結部1箇所に掛かる応力値であり、この値をグラフ化している。

② **地板寸法**：後胴表面より測定した図面上での測定値（cm）を用いた。この時の有効数字は小数第一位までである。

③ **地板幅**：地板体積の算出について、図面上では確認出来ない為、地板幅を0.15cmとして算出した。

④ **連結部断面積**：左右幅は図面上での測定値を用い、断面幅は0.43cm[1]を用いて断面積を算出した。

⑤ **積算重量**：算出位置上部に配する地板の総重量（g）である。

⑥ **重力加速度**：標準重力加速度（9.8 m/sec^2）を用いた。

⑦ **密度**：純鉄の密度（7.86 g/cm^3）を用いた。

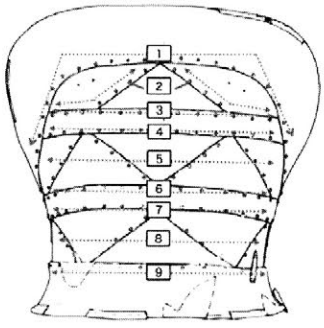


図1　剪断応力算出位置
2005「稲童古墳群」
行橋市教育委員会より抜粋　一部改変

5.結果と考察

図2[2]・図3に応力推移グラフを示す。双方共に、上部連結部の値が低く下部連結部の値が高い事が解る。また、三角板革綴短甲の最大平均応力は5334.9 N/cm^{2}であり、長方板革綴短甲の最大平均応力は5182.5 N/cm^{2}であった。参考として、同条件で求めた三角板鋲留短甲(稲童21号墳例)の最小応力は6058.4 N/cm^2・最大応力は39935.4 N/cm^{2}となる[2]。この事から、双方の革綴短甲の応力に極端な差は無く、基本的推移は共通する事が判明する。

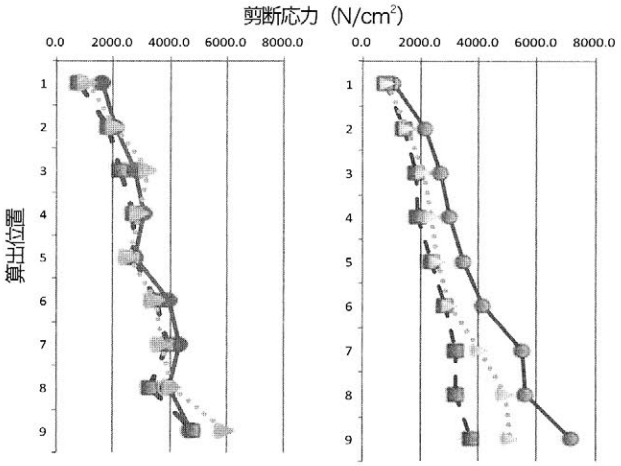


図2　三角板革綴短甲の応力推移
○：下開発茶臼山9号墳例
□：堂山1号墳例
△：ニゴレ古墳例

図3　長方板革綴短甲の応力推移
○：豊中大塚古墳例
□：小野王塚古墳例
△：野毛大塚古墳例

図2・図3の応力推移を比較すると、図2では応力値が減少する位置があるが、図3では確認出来ない。この部分は、短甲脇部（算出位置「5」）・短甲腰部（算出位置「8」）である。基本的推移は共通する事と併せると、全般的な設計は共通するが細部設計は異なる事を表すと捉えられ、また、三角板鋲留短甲の同位置に見られる応力減少は確認類例に有無がある[3]。この事から、応力の減少は三角板革綴短甲の傾向と推測でき、双方の革綴短甲は概ね同一設計と想定出来るが、細部設計の異なる概念の存在が示唆される。

本研究の検証結果より、設計に関する細部情報が示唆される事から、剪断応力を用いた検証の有効性が示される。今後、前胴をも含めた検討や検討資料数を増加させ、詳細の追求を試みたい。

【註釈】(1:革紐の詳細が明確な資料として、百舌鳥大塚山古墳出土襟付短甲の革綴幅の平均値を用いた。
(2:参考文献(3)を参考として再計算している。(3:参考文献(3)での検討結果に基づく。

【謝辞】本稿作成にあたり、堺市博物館学芸課 續伸一郎氏から多大なご協力を頂きました。ここに深く感謝致します。

【参考文献】　※紙面の都合上、調査報告書の掲載を割愛させて頂いた。

(1)小林謙一　1974「甲冑製作技術の変遷と工人の系統　上・下」『考古学研究』第20巻第4号・第21巻第2号 考古学研究会
(2)阪口英毅　1998「長方板革綴短甲と三角板革綴短甲―変遷とその性質―」『史林』第81巻第5号　史学研究会
(3)大江克己　2014「古墳時代中期短甲に係る力学的検証の有効性」『文化財学報』第32集　奈良大学文学部文化財学科　(未刊行)

GISを用いた遺構情報のデジタルアーカイブと地理的分析

—平城京を事例として—

GIS based Geographic analysis and digital archives of archeological remains: A case study of Heijo-kyo, ancient capital city in Nara

○河角龍典（立命館大学）・今村聡（立命館大学・院生）
Tatsunori KAWASUMI, Satoshi IMAMURA

1．研究目的

本研究の目的は、日本の古代都市（都城・宮都）を対象として、埋蔵文化財の発掘調査報告書に所収されている遺構図のGIS（地理情報システム）データベースを構築し、さらにそのGISデータベースを活用した都市環境や都市構造の復原研究を行うことにある。これまで日本古代都市史研究では、発掘調査によって蓄積された膨大な考古学的遺構情報を効率的に処理できず、大量の地理情報を最大限に研究に活用することができなかった。日本古代都市の発掘調査によって取得された大量の地理情報の管理や共有において、GISは最適なツールであるにもかかわらず、当該分野においてGISの活用はまだ十分進んでいるとは言えない。日本古代都市史研究がより高度な研究を展開するためには、新しい研究資料の発掘が早急に求められる。そのためには情報共有を視野に入れたGISを活用した考古学的遺構情報の集成、すなわち、遺構図のGISデータベース構築とその学術的応用の手法を確立することが必要である。

古代都市に関する地理情報のデータベースに関する研究は2000年代以降注目さる。例えば、発掘調査報告書に所収される紙媒体の遺構図から建物や井戸等に関する地理情報を抽出し、GISデータを構築する手法については、河角他（2007）によって方法が確立されている。一方、藤原京に関しては、出田（2012）によって遺構データベース構築が進められた。このように、古代都市に関する遺構情報のデータベース構築の必要性はすでに認識され、実現に向けて作業が進みつつある。しかし、構築したGISデータベースを活用した高度な地理的分析に関する研究は、まだ行われていないのが現状である。

2．遺構図に関するGISデータベースの構築の方法

遺構図のGISデータベースの構築方法は、次の通りである。

① 発掘調査報告書の入手
② 遺構図のスキャニング
③ 遺構図のジオリファレンス

④ 遺構図のデジタイジング

⑤ 属性情報の抽出と入力。

なお、④遺構図のデジタイジングの作業においては、調査区、建物、井戸、塀、溝の遺構について形状の抽出の作業（トレース）を手作業で行った。また、⑤属性情報の抽出においては、⑤でデジタイジングしたそれぞれの遺構の構造、規模に関する定性的・定量的な属性情報を入力した。調査区については報告書名・発行年・調査名・平城京の埋没深度など、建物については時期・規模・構造・柱間距離・柱穴直径、塀については時期・構造・柱間距離・柱穴直径、溝については時期、井戸については時期・構造・深度等についての情報を発掘調査報告書から読み取り入力した。

3．平城京の遺構図 GIS データベース

奈良市教育委員会・奈良市埋蔵文化財センターが発行している発掘調査報告書『奈良市埋蔵文化財調査概要報告書』に掲載された遺構図について、GIS データベースを構築した。その結果、平城京の京域を対象とした遺構情報の保存・表示・検索を可能にするデータを構築することができた。現時点では、すべての報告書を対象とすることができていないが、約 800 ヵ所の調査区が確認されている。

このデータベースによって、遺構情報の迅速な検索やマルチスケールで遺構情報の表示が可能となり、さらに広域での遺構の分布状況や遺構の隣接関係を視覚的に把握することもできるようになった。また、各遺構データの重ね合わせも可能となり、遺構間の関係性を視覚的に把握できるようになった。

4．遺構図の GIS データベースを活用した都市環境および都市構造の視覚化

各遺構に対して属性情報を付与したことによって、これまで表現することのできなかった都市構造に関する主題図を多く作成することができた。建物の規模を示す属性情報として、建物遺構の面積、柱穴の直径、柱間の距離などは、建物規模の分布状況を視覚的に表現する上で効果的であった。また、平城京内に施工された条坊制の街区（坪）単位で、各遺構の個数や存在の有無を集計することによって、街区単位の土地利用図の作成が可能となった。

GIS データベースに自然環境に関わる属性情報を入力し、都市環境の視覚化もできた。奈良時代以降の堆積量や遺構面の標高のデータベース化は、古地形の分布や奈良時代以降の地形形成に関する情報をもたらした。井戸の深さのデータは、当時の地下水位の推定に役だった。

引用文献

河角龍典・塚本章宏・磯田弦・佐古愛巳・高瀬裕・矢野桂司(2007)「宮都研究と GIS」、条里制・古代都市研究、第 22 号、1～18 頁。

出田和久（2012）「奈良盆地歴史地理データベースの構築とその利用」、HGIS 研究協議会編『歴史 GIS の地平-景観・環境・地域構造の復原に向けて』、勉誠出版、197-207。

斑晶に着目した新しい石器観察法
Protocol of Pherocryst Microscopic Observation Method for Study of early palaeolith

○上峯篤史（独立行政法人日本学術振興会 / 京都大学）
○Atsushi UEMINE (JSPS/Kyoto Univ.)

1. 研究の背景と目的

我々はしばしば、斑晶を多くふくむ不均質な岩石で作られた石製資料に出会う。凹凸にとんだ面や複雑な割れ現象は資料の観察・理解を難しくし、前期旧石器研究では偽石器論争を、縄文時代以降の研究では「粗製石器」を生む。この種の石器観察は観察者の経験に左右される部分が大きく、個々の資料の観察所見においてさえ研究者間で共通理解がもてないまま、議論が膠着してしまう。

これを改めるため、発表者は「斑晶観察法」を考案した（図1、上峯2014）。斑晶は岩石中では不純物であるが、それ自体は均質でガラス質に近く、黒曜岩のように各種の痕跡を判読できる。斑晶に注目すれば、不均質石材といえども資料の形成過程を科学的に「読む」ことができるし、斑晶に対しては通常の石器観察法の多くが適用できる。本発表では斑晶観察法の手順を取りまとめ、珪化流紋岩製資料における実践例とともに解説する。

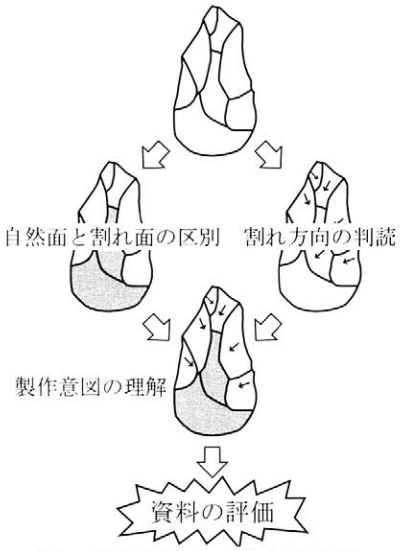


図1 斑晶観察法の基本的発想

2. 斑晶観察法の手順

(1) 必要な設備

USB顕微鏡（AnMo Electoronics製USB顕微鏡Dino-Lite Premier2 S Polarizerなど）、顕微鏡に付属のソフトウェア（Dino Captureなど）、USB顕微鏡用の固定台（サンコー製DILIST07 22777など）画像ファイルへの書き込みや角度計測が可能なソフトウェア（Adobe Photoshopなど）、方眼紙（A4サイズで充分）、ガムテープ、資料観察台（観察資料が乗る大きさで、平面形状に直角の部分があるものを自作）、練りゴムなど観察資料を固定するもの。

(2) USB顕微鏡の視準

① USB顕微鏡をスタンドに固定する。この際、スタンドをガムテープなどで机に固定しておく。
② PCにUSB顕微鏡を接続し、顕微鏡付属のソフトウェアを起動する。
③ 方眼紙を1枚用意し、顕微鏡で見る。ソフトウェアの観察視野の縦軸・横軸が、映し出された方眼紙の目盛りに沿うように方眼紙を回転させ、一致したところで方眼紙を机に固定する。

(3) 資料の観察

① 観察資料の外形、調べたい斑晶の位置を記録した実測図を作成しておく。
② 観察資料を実測図と同じ状態で、観察台にすえる。この際、実測図のコピーを観察台に貼り付けておくと観察資料の傾きを正確に再現でき、割れ方向の同定精度が向上する。
③ 観察資料を移動させ、USB顕微鏡で斑晶を観察する。資料は台座ごと、方眼紙の縦軸・横軸にあわせて動かす（決して水平方向に回転させない）。観察倍率は、対象にあわせて60～200倍程度で調整する。
④ 斑晶をとらえられたら、ソフトウェアの機能を使って写真撮影する。

⑤ 斑晶の透明度に反映された風化度を複数の斑晶、複数の面間で比較し、実測図に所見を控える。それを総合し、自然面と剥離面を区別する。

⑥ 得られた写真をAdobe Photoshopなどで開く。斑晶上のリングやフィッシャーなどに着目して割れ方向を推定し、画像に書き込む。その角度をソフトウェア上で計測（Adobe Photoshopならものさしツールを使用）し、その値に基づいて観察所見をまとめていく。

上記の手順に準拠した場合、一つの斑晶の割れ方向を調べるには120秒程度かかる。作業効率を優先するなら⑥を簡略化し、PC画面上に直接、分度器やプロトラクターなどを当てて計測すれば、一つの斑晶を約45秒で観察できる。ただしデータの再現性は低下する点、注意を要する。

3. 斑晶観察法の精度

(1) 自然面と剥離面の区別（図2）

砂原遺跡周辺の珪化流紋岩を打ち割り、自然面と剥離面それぞれについて、斑晶を観察した。その結果、斑晶の透明度にあらわれた風化度にもとづいて、自然面と剥離面は100%の精度で識別できた。

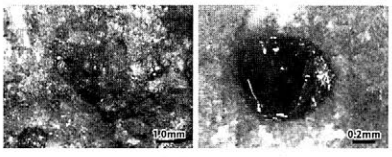


図2 斑晶の風化度
左：自然面のみに出現 右：自然面・剥離面ともに出現

(2) 割れ方向の識別（図3）

珪化流紋岩製試料を観察し、打ち割り実験時に記録した剥離方向と比較したところ、斑晶から推定した割れ方向が「正解」の方向の±20°におさまる確率は65.4%であった。ただし一面の割れ方向を複数の斑晶から判断すれば、この確率は限りなく100%に近づけることができる。例えば二つの斑晶から一枚の面の割れ方向を判読した場合なら精度は88.0%、斑晶が三つの場合は95.8%となる。

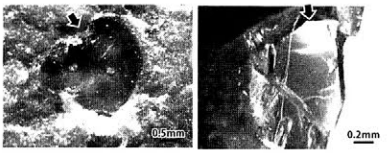


図3 斑晶における割れ方向の推定

4. 斑晶観察法による「前期旧石器」の観察

砂原遺跡（松藤ほか2013）の旧地表面上から出土した珪化流紋岩製資料（11～12万年前）について、斑晶観察法によって形成過程を追跡したところ、特徴的な形成過程を示す剥片が3点、石核が1点見いだされた（**図4**）。礫の一端に剥離が生じ、その面を打面として連続的に、しかも先行する剥離痕の稜線を取りこむようにして縦長剥片が剥離される状況は、自然為から説明することがきわめて難しい。このほか旧稿（上峯2014）で示したとおり、複雑な剥離経過を見せる資料が複数個抽出できている。

以上のように、斑晶観察法を用いれば経験則や「心眼」に頼ることなく、石器観察の基本に立脚した手順で客観的な観察所見を得ることができる。斑晶観察法は観察が困難な石製資料とそれに戸惑う研究者との架け橋となり、再現性の高いデータにもとづいた議論の展開を保証するはずである。

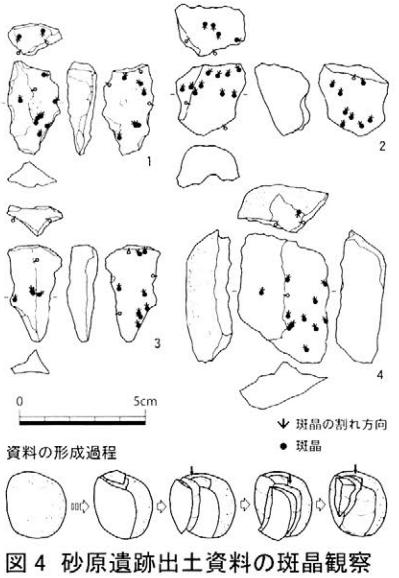


図4 砂原遺跡出土資料の斑晶観察

引用文献

上峯篤史 2014「斑晶観察法による「前期旧石器」の再検討－島根県出雲市砂原遺跡における事例研究－」『旧石器考古学』79 旧石器文化談話会、pp.1-16。

松藤和人・上峯篤史（編）2013『砂原旧石器遺跡の研究』砂原遺跡学術発掘調査団。

カンボジアにおける遺跡分布と都城形成および立地から見た景観変遷
- 文化遺産情報資源共有化プロジェクトと基盤構築状況 -
Landscape transitions analyzed by GIS database of Cambodia (Khmer) Archaeological cultural properties

○津村宏臣(同志社大学文化情報学部)、堀野昌美(同志社大学文化情報学研究科修了生)、
茂木孝太郎(同志社大学文化情報学研究科)

はじめに

文化遺産情報の集積は、従来の調査成果を集積し、研究者がその成果を概観・参照する機能だけでなく、集積された情報から新たなKnowledgeを析出し、地域の文化景観を評価する目的を持つ。現在、同志社大学並びに奈良文化財研究所、東京文化財研究、早稲田大学、上智大学の各研究機関は協力してアンコール関連遺跡に関する文化遺産情報資源共有化を進めている。本研究では、これら研究機関で集積される膨大な学術調査情報の他に、これまで規格化されて集積されたカンボジア域における文化遺産情報をSTIS上に展開し、これを用いたカンボジア・クメールにおける文化景観の歴史的変遷の評価を試みた。今後集積される文化遺産情報の標準化のための地域研究の基本的評価をあらかじめ行うことが目的だが、従来集積された情報から明らかにできるクメール文化生態史を記述することも重要である。

1. クメール文化遺産のSTIScpへの格納

本研究では、基本データとして、フランス極東学院とアプサラ機構の調査に基づく『Carte Archeologique du Cambodge (UNESCO 2007)』に収録されている文化遺産地図およびCISARCサーバーにアクセスし、利用を許可された情報（属性情報は準拠）を利用した。上記収録の空間的な凡例情報から、自然情報：河川・森林・浸水地・沖積地、社会情報：農耕地・水稲地・居住地（一時的）・集落地（歴史的）、歴史情報：複合遺跡・遺跡群・単独遺跡・聖（および寺院）域をそれぞれベクターデータ化してサーバーに格納し、これに属性情報を付属させたデータベースを完成させた。

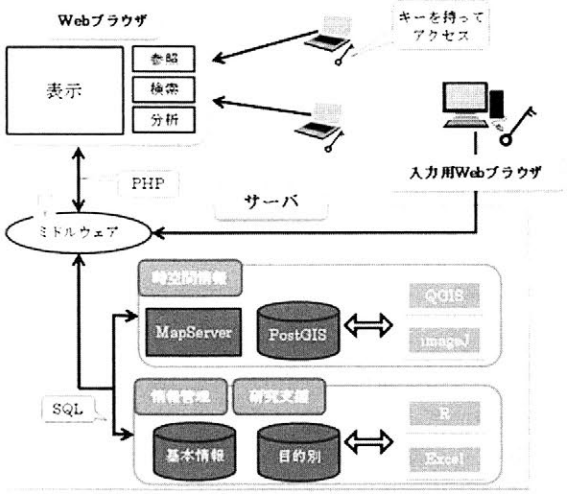


Fig.1 STIScpのシステム構成

2. 時期別の空間属性値変遷

『Carte Archeologique du Cambodge (UNESCO 2007)』記載の文化遺産に関し、CISARC属性情報を参照しても、全ての文化遺産に関する時期を特定させることが出来ない状況が明らかとなった。本研究では、プレアンコール期、アンコール期、ポストアンコール期の各中心都市域（首都・都城）を該当期間の中心エリアと想定し、その立地を移動コストから評価することとした。時期区分は11期に区分し、その中心エリ

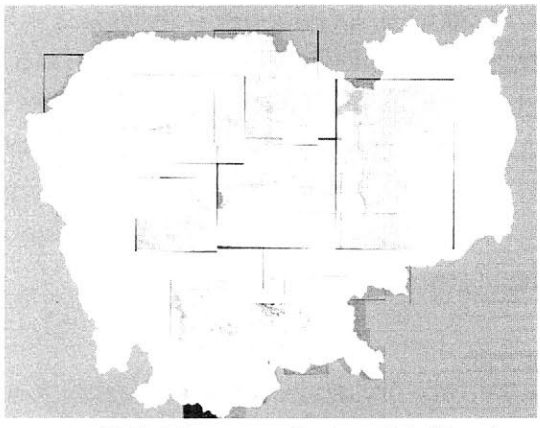


Fig.2 格納されたMapデータ（幾何補正済）

アとそこからの移動域面積を析出した（Fig.3）。主要都市立地において、交易や空間機能性に時系列変遷があると同時に、パターン化可能なことが看取できる。

次にSRTMからDEMを生成し、これに幾何補正した2000年のLANDSAT 衛星データから析出した浸水域、沖積域、森林域などを併せ、10の環境レイヤーを作成し、各時期中心エリアでのエリア移動域内の環境属性値傾向を標準化統計量で析出した（Fig.4）。Fig.3の傾向の背景をFig.4の相違から明らかにするため、各時期中心エリアの属性値傾向の次元縮約のため主成分分析とクラスター分析の結果、各環境属性傾向に各期の都市域立地の環境属性パターンが析出された（Fig.5）。プレアンコール

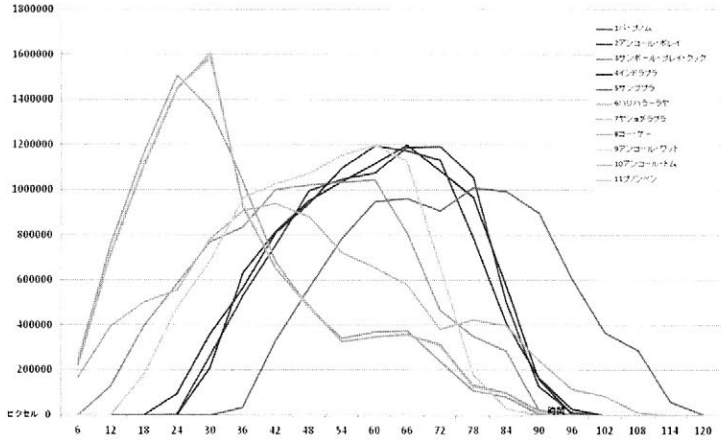


Fig.3　6時間移動別の主要エリア移動域

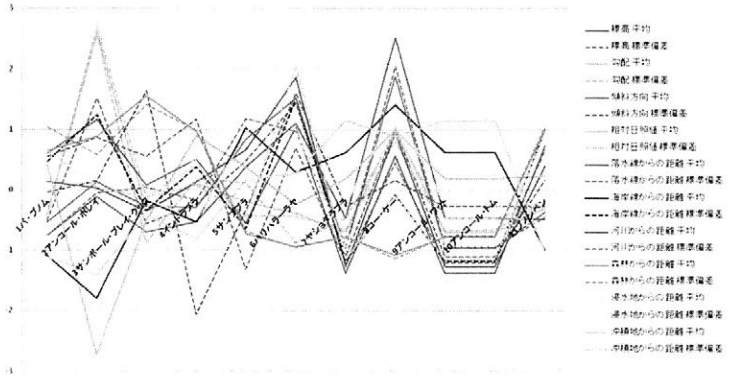
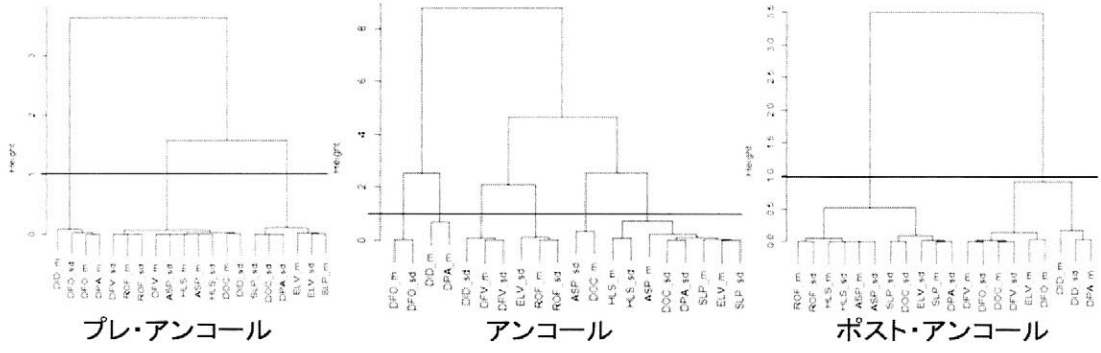


Fig.4　中心エリア移動域内の環境属性値傾向



プレ・アンコール　　アンコール　　ポスト・アンコール

Fig.5　各時期別環境属性値傾向のパターン

期における都市域分布の明確な空間機能分化、アンコール期における多様性拡大、などが遷都とともに発生し、その背後に農業生業、河川流路交易中心の時期から、交易生業、内陸流路・陸路交易併存の時期へ、その後の衰退、という文化景観の変遷を評価した。

3. 文化景観変遷の展望

従来の当該域の文化遺産調査、文化遺産情報共有は、些細な学術調査成果を相互に参照可能な状況に置くことが目的とされてきた。本研究結果は、その際の時代や地域の特徴や集積情報の標準化や共有化に際し、クメール史全体の文化景観の中で比較検討を行う基礎情報となることが期待される。

※なお、本研究は科研費基盤研究（A）（25244039）の成果の一部である

Kom al dibaiya 遺跡における詳細地形図作成と周辺微地形評価
The micro morphological mapping and evaluation of surrounding area geomorphology in Kom al dibaiya

○津村宏臣(同志社大学文化情報学部)、長谷川奏(日本学術振興会カイロ研究連絡センター)、
茂木孝太郎(同志社大学文化情報学研究科)、渡邊俊祐(同志社大学文化情報学研究科)

はじめに

エジプト・ブヘイラ県 Kom al dibaiya 遺跡は、現在のイドク湖沿岸から数km内陸に位置する丘陵集落遺跡である。報告者らは1700年代のナポレオン遠征期に残された当該域の古地図のデジタルアーカイブ作業過程で多くの kom が記載されることを明らかにした。また各 kom 周辺域まで潟湖が広がっていたこと、その後 300 年にわたる人工灌漑と耕作地構築、地盤改良などが近代化で起こる中で、沿岸と湖畔で展開した多様な生業体系が改変されていったことなどを基準に、対象範囲の近現代化における文化景観変遷に着目した。

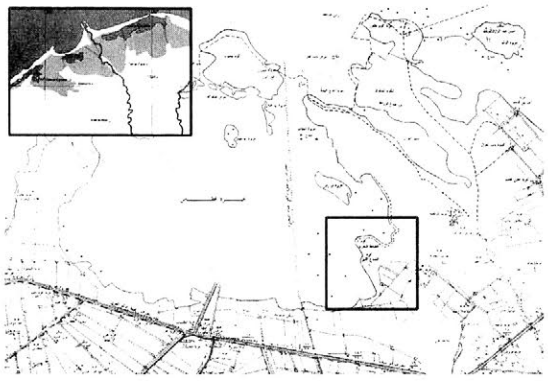


Fig.1　1970 年代の対象域

1. 詳細測量調査の実施

本測量の目的は、①Kom al dibaiya 北および南遺跡の人為丘陵微地形から埋没遺構並びに旧地形を判読しうる精度の地表面形状３次元データを構築すること、②北および南遺跡周辺の地形および境界測量を実施し、現在の土地利用・水利・環境を評価すると同時に遺跡形成時の旧地形を判読するためのデータを作成すること、③ラシッド分流以西デルタ域における広域調査グリッド設定の基準座標を設置すること、の３件であった。

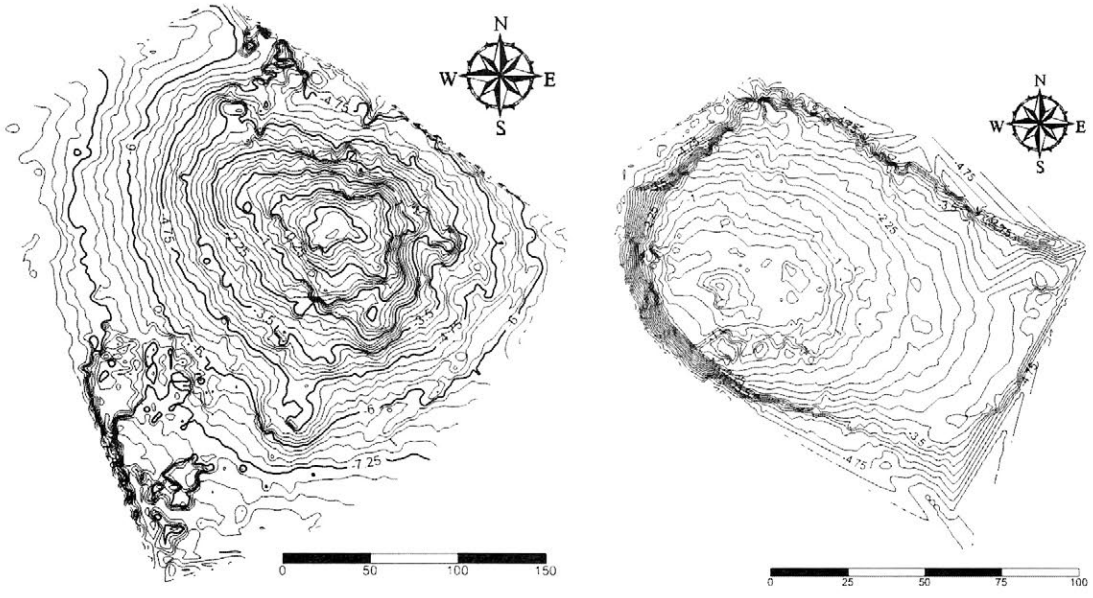


Fig.2　Kom al dibaiya 南丘陵・北丘陵詳細測量測量図

調査は 2014 年２月 22 日～３月５日の期間に実施した。測量に用いた機器は、GPS：TOPCON 社製 GB-1000、光波測距儀：Leica 社製トータルステーション TCR705S、LRF：LeserTech 社製レーザーレンジファインダー Impulse200、ElectroCompass、東北電子産業と同志社大学共同開発の LR-Data Logger TSDL を使用した。

2. 測量方法と内容

①については、北丘陵・南丘陵では丘陵頂部に光波測距儀を設置し、各丘陵上に放射トラバース測量によりレーザー測量用補正基準点を北遺跡では 23 点（DN01～23）、南遺跡では 28 点（DS01～28）それぞれ設置した。次に、この補正基準点から LRF とデジタルコンパスユニットを組み合わせた測量機器を用い、測位者から放射状に 0.5～１ｍピッチで地表標高値データを取得、これらを各補正基準点で合成して遺跡地表面形状点群データを生成した。

総計測点数は北遺跡で 4700 点、南遺跡で 23000 点である。なお、北遺跡の計測点数が少ないのは、人為的に掘削改変された西側斜面は上記の方法では微地形表現困難と判断し、別途バンドル調整法による写真測量から点群生成を実施したためである。各点群はそれぞれ③の座標系で統合し、形状解析処理により 0.25m間隔の等高線図として出力した。

Fig.3　耕作地域基底面水準・境界測量結果と古砂丘列方向

②については、調査前段階で確認し得た衛星画像データ（Landsat ETM）を元に、現況との地物、境界、植生などの比較検討を実施した。2005 年８月 12 日撮影データで判読できる土地被覆状況と現況とに大きな相違が確認できたため、地割も含めた地物の境界測量から開始した。範囲は南北、南遺跡南端から北遺跡の北側 400ｍまでの約１km、東西、南遺跡の東端から南遺跡西端から西側 500ｍまでの約 900ｍの約１km^2 である。境界測量では、測量基準点も、北遺跡の DE03、南遺跡の DE01 と併せて利用し、地物の境界と種別のデータ化、および古地形評価のための基準面水準測量を実施した（Fig.3）。以上①～③の調査の他、④人工池水深測量、⑤地中物理探査調査用グリッド設置作業、⑥コンクリート敷設による測量基準点設置、⑦北遺跡西側斜面および南遺跡遺構想定範囲におけるバンドル調整写真測量の作業を実施した。

3. 結果と考察

測量の結果、a. 北丘陵周辺の掘削で生じた土壌の移動が認められるが、おおよその古砂丘列の軸方向（北西－南東軸）が確認され、また b. 地割と基底面水準測量結果から、南丘陵西側に谷地形（現在は耕作地）が確認できた。2012 年の調査で、この西側でボーリング調査を実施しており、今後地形生成年代と併せた古地形評価を実施、古景観復元を進める

※なお、本研究は科研費基盤研究（B）（23251016）の成果の一部である

文化財情報の自己組織化による可変的データ構造基盤構築

-STIS および FICX の開発と運用(東南アジア文化遺産と関連して)-

The kinetic data infrastructure built by the information self-organization of cultural heritage.
- With Development and operation of FICX and STIS -

○竹内俊貴(同志社大学 文化遺産情報科学研究センター),
津村宏臣(同志社大学文化情報学部)

1. 研究目的

様々な分野でデータベースが活用されているが、研究においては個々人での利用にとどまりその力が十分に発揮されている事例は少ない。事前のメタデータ確立を前提とするデータベース構築のアプローチが、多様な情報を取り扱う研究というフィールドと相容れないことに原因の一端がある。また、“研究者”視点の情報化だけではなく、コンテクストの中での文化財理解としての地域知(Local Knowledge)に注目が集まっており、多様な情報を集約できるデータ構造基盤の構築は文化財の保護や保存、地域活性化の検討においてきわめて重要な技術貢献であると考えられる。

本研究では構造化を入力情報から自己組織化させ可変的な構造を持たせ、サスティナブルなデータ構造基盤を構築することを目的としている。具体的には、空間座標と属性情報を付加したImageデータをサーバにアップロード、蓄積された情報から重要語を計量判別しER図を自己組織化、このER図を元にメタデータ構造をサーバが可変化することで、情報の目的性を常に最新の状態に保持し、経過した研究を時系列でトレースできる仕組みを構築する。

2. FICX の位置づけと機能

従来開発していたSTISにImageデータ入力とメタデータ構造を視覚化するインターフェースとして『FICX (From Image Create XML)』を開発した。FICX はネットワーク環境を前提にWebベースで動くため、調査現場で撮影した画像をそのまま関連情報と併せ1つのサーバにアーカイブすることができ、また STIS を利用すればサーバデータの参照も可能である(Fig. 1)。

FICX はドラッグ&ドロップなど直感的に情報を扱い、1つの画面ですべての作業を行うことができる(Fig. 2)。入力情報は、XML ファイル生成に関する『基本情報』と撮影対象物に対する認識を記す『撮影基本情報』を自己組織化のキーとして、空間座標を含むExif情報を画像保持情報としてタギングする。情報入力後、ボタン1つでImageデータと関連させる情報をサーバにアップロードすることができる。

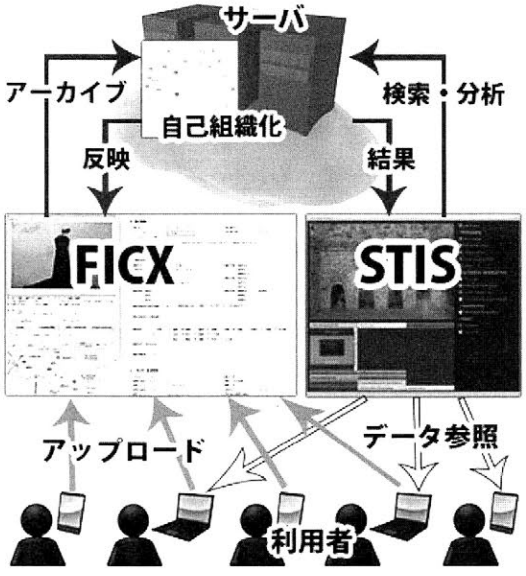


Fig. 1 システム全体と FICX の位置づけ

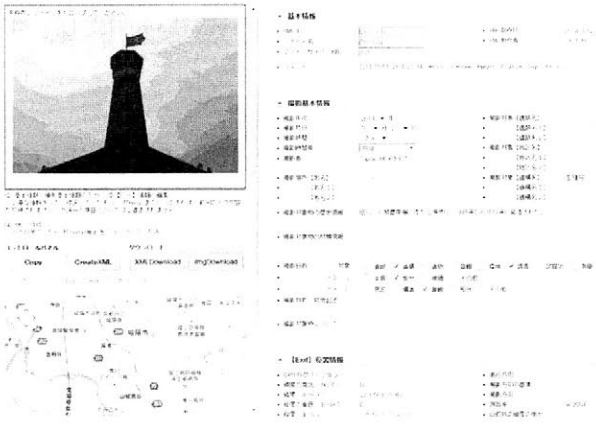


Fig. 2 FICX 操作画面

Fig. 3 生成された XML ファイル

FICX の特徴的な入力補助機能として、①直前に入力していた入力欄の内容の自動コピー、②GoogleMaps からの座標取得という２点が挙げられる。①ではあらかじめ取得していた大量の Image データをアップロードする際に同じ情報の入力という煩雑な作業を避けること、②では Image データ取得場所の座標を直感的かつ簡単に取得することで、利用者にかかるコストを下げる狙いがある。

3. FICX の運用事例 -ベトナムハノイ-

2014 年３月１日～４日にベトナムハノイにおいて写真測量および GPS 測量を実施した。タンロン皇城やタンロンフラッグタワーを中心に周辺の町並みもあわせて調査対象とし、その際に取得した Image データを用いて実際に FICX で XML ファイルを生成した（Fig. 3）。FICX の入力欄に記した情報（Fig. 2）が階層化されないままタギングされていることがわかる。今後文化財に関わる情報が蓄積されると、自己組織化により情報間の関係性が構築され、生成される XML ファイルの階層化および FICX の『撮影基本情報』入力欄の改変という形で自動的に反映される。

4. 知の再構築と課題

自由記載テキストからその時代・土地・人の文化財のとらえ方を構造的に抽出し、自己組織化により再構築された情報構造は比較検討、つまり景観知の評価が可能になる。ここでは“知の構造”を“形態素の共起構造の評価”としてとらえ、共起ネットワークによりハノイの景観に関する知の構造（Fig. 4）を評価したところ、ハノイ市内外での交通手段・チャンパ王国の文化・フランスおよび日本占領時代といった文脈で語られていることが読み取れた。

現在は形態素の共起構造をベースとして ER 図を自動生成し、XML ファイルの再構造化を実現するための研究を進めている。また、運用において情報の精度や確度・偏りの標準化が困難といった問題があり、社会実験を重ね実用に耐えうるシステムを構築していく。

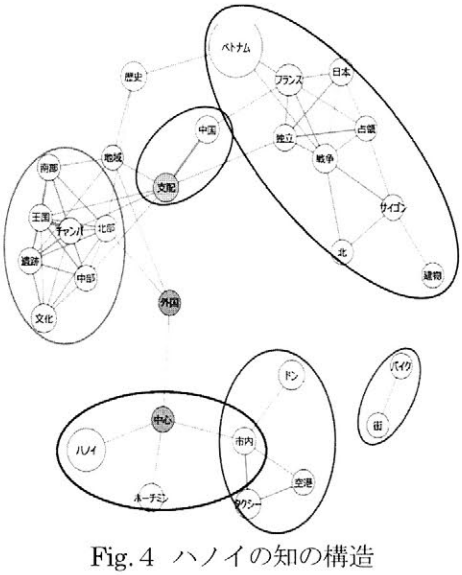


Fig. 4 ハノイの知の構造

古代クメール都市サンボー・プレイ・クック遺跡群の環濠地区内における文化層の検出状況

Detected state of the cultural layer in the moated city area at the ancient Khmer monument, Sambor Prei Kuk

○菅澤由希、下田一太(筑波大学)、チュン・メンホン(早稲田大学)、原口強(大阪市立大学)

1．はじめに

サンボー・プレイ・クック遺跡群は、カンボジア国土のほぼ中央に位置する、寺院などの宗教施設群や環濠に囲繞された方形の都城址によって構成される遺跡群である。この遺跡群は、9世紀から14世紀にかけてインドシナ半島を広範囲に治めたアンコール王朝の前身であるチェンラ王朝（真臘）の首都イーシャナプラに比定されており、プレ・アンコール期の遺跡としてクメール通史だけでなく東南アジア史の中でも重要な位置づけにある。多くの遺構が残る寺院群区では比較的多くの学術的研究がおこなわれてきた一方で、都城区内での調査はまだ緒に就いたばかりである。この都城の解明を目的とする今後の本格的な都市考古学の研究に先立ち、本研究では都城区内における自然堆積層および遺物包含層の分布・堆積状況を広域に把握するための試掘調査を行い、各土層の分析、出土遺物の記録・整理等を実施した。調査は当地が乾季の後半となる2014年3月半ばと4月後半の二回にわけて実施した。

2．調査地点

研究対象とした都城区は一辺約2kmの方形の環濠に囲繞されている。本調査ではこの環濠を南北に4等分する北・中央・南の3ライン上に約300m間隔で7地点のトレンチを設定し、計21地点で発掘調査を行った（図1）。地点によっては溜池等の遺構が重複したため、多少トレンチをずらした箇所もある。各トレンチは南北1m×東西2mの規模で、地下水位面まで掘り下げ、全土層の色差記録・帯磁率測定・粒度分布・XRFによる化学組成分析を実施し、出土遺物や炭化物をサンプリングした。

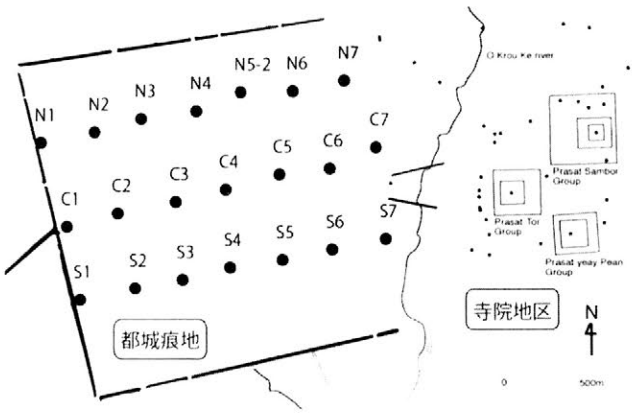


図1　サンボー・プレイ・クック遺跡群における発掘調査地点の配置

3．文化層の検出状況にみる都城の活性期間と地区

トレンチ21地点中、4地点（N3、N7、C2、S7）からは一切の遺物が検出されなかったが、その他の17地点では土器・瓦片・レンガ・ラテライトブロックなどの遺物を含む褐色または暗褐色のMedium Sand（中粒砂）あるいはFine Sand（細粒砂）の砂層が確認された（図2）。出土した遺物はいずれも小片であり、確実に器種を特定できるものは限られているが、壺や椀が多いものと推察される。また、瓦片はいずれも当遺跡で出土例のある平瓦であった。煉瓦片やラテライト片が散見されたものの、明確な遺構は検出されなかった。

文化層の深さや厚さはトレンチ毎に異なり、浅いトレンチでは10cm程の深さであり、最も深い地点でも80cm程の深度であった。文化層の厚さは50cmに満たない地点がほとんどで、10cmに満たないC1トレンチのような地点もある。一方、一番厚い遺物包含層でも1m程であり、土質の上では分層されたとしても明らかに異なる年代の遺物を包含する複数土層を有するトレンチは認められなかった。また文化層の間に自然堆積層が入るケースも皆無であり、こうしたことから都城区内で人々が生活をした期間は比較的短期間であった可能性が高いものと考えられる。この点は、都城外の北東地区において、3m程の深さにわたり遺物包含層が検出された過

去の発掘調査の結果とは対照的であり、都城内外の活用期間が異なっている可能性を示唆していよう。文化層が厚く堆積する地点は土手などの微高地に位置するトレンチである場合が多い。つまり、この都城はほぼ平坦な砂質土の土地に築造されたが、微地形が残されていた中で、降雨時にも冠水しない地点に生活の場を確保していた様子が推察される。

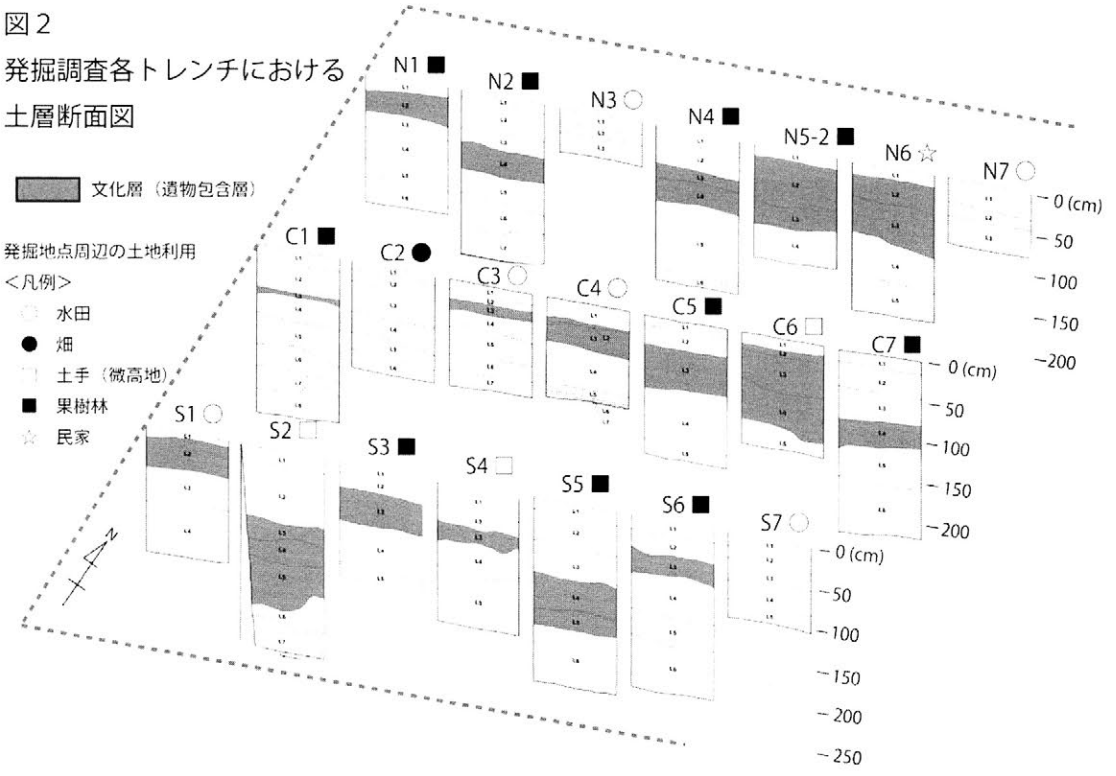


図2
発掘調査各トレンチにおける
土層断面図

4．今後の調査課題

今回の調査では都城区内のエリアごとに文化層の検出状況の明確な傾向は認められなかった。300m という長距離間隔での小トレンチでは地区ごとの傾向を検出するほどの解像度がないことは明らかであり、今後はさらに密にトレンチを設定して調査を行っていくことが必要とされよう。また、各トレンチの土層の連続性については各土層からのサンプルの各種分析結果に基づく考察の余地が残されており、今後のさらなる検討を予定している。また、文化層から採取した炭化物の年代測定によって、都城区の利用年代についてより詳細な考察を加える計画である。さらに、今後は都城の外側においても同様の調査を拡張し、往時の生活範囲や活用時期についてより広い範囲での研究を進め、都城内外の性格の違いを明らかにすることも課題である。

5．発掘調査の結果にもとづく遺跡群保存への提言

本調査からは、地下 10 cmほどの深さから遺物が出土する地点もあり、都城区内における文化層の堆積状況が多様であることが判明した。特に小さなマウンドが点在する微高地からは厚い文化層と多くの遺物が出土したため、今後の宅地・農耕地開発の際には、特にこのような地域で地下埋蔵物の保護に注意を払う必要がある。現時点で、当遺跡付近の耕作方法は水牛等の家畜を動力とした小規模なもので地下遺構の攪乱にはほとんど影響がないと思われるが、カンボジアにおいても急速に普及している、大型の工作機などの導入には十分に注意した遺跡の保護政策が求められる。

謝辞

本報告は JSPS 科研費 24686068、25300004 の助成を受けた研究の一部である。また、現地発掘調査にあたっては、住友財団「文化財維持・修復事業助成」の支援のもとに進められているサンボー・プレイ・クック遺跡群保全事業からの協力を得た。

岡山県井原市出土の中世に属する焼人骨と供伴遺物の研究
Study about Burned Human Bones and Archaeological Remains Belonging to the Middle Age, from Ibara City, Okayama Prefecture.

○　富岡　直人 *1，足立　望 *1，高田知樹 *2

（*1 岡山理大生物地球学部，*2 井原市教育委員会）

要旨

岡山県井原市では中世後半（室町時代）の亀山焼骨壺より検出された火葬骨３体（表１）が存在する．本稿ではこれらをまとめて焼人骨 No.1 ～３として分析した．上岩崎中世墓出土人骨（男性，中世後期）の焼人骨 No.1 と花木中世墓群（中世後期）の焼人骨 No.2，No.3 はいずれも高熱により焼結を起こし，歪んで小破片化していた．

これらを観察した結果，①　焼人骨 No.1 の火葬人骨では燃焼ムラが存在することから燃焼中に攪拌されることがなかったか稀であった．②　焼人骨 No.1 ～３は全て焼結による骨格の縮小が予想された．③　共伴した資料は，焼人骨の属性を示すものと推定され，焼人骨 No.2 でみられた粘土塊は文献にみられる「加入土砂」である可能性が推定される．

1.　井原市出土焼人骨

井原市から出土した焼人骨である「井原市焼人骨 No.1 ～３」の各属性を表に示す．

表 1.　井原市出土焼人骨属性表

焼人骨 No.	遺跡名	所在地	出土状況	共伴遺物他	所属時期
1	上岩崎中世墓	下出部町岩崎上岩崎	亀山焼壺内	骨表面に膠着物質	室町時代
2	花木中世墓群	大江町槙ノ峠	亀山焼壺内	粘土塊、ガラス玉、鉄釘	室町時代
3	花木中世墓群	大江町槙ノ峠	亀山焼壺内		室町時代

2.　上岩崎中世墓出土資料

亀山焼壺内に重複する部位のみられず１体分に由来すると推定される火葬骨が検出された．復元した頭蓋骨を図１に掲げる．復元部分が多いが，面長の顔相がうかがわれる．前頭骨～頭頂骨にかけて強い燃焼の結果，細かい亀裂が多く看取され，強い熱が前頭部～頭頂部に加えられたことが推定される。大坐骨切痕，乳様突起，単根性歯牙の骨尖形成，矢状縫合とラムダ縫合の骨化の進行より 50 歳以上の男性と推定した．また，椎骨には変形性脊椎症の可能性がある骨棘、左肩甲骨関節面に骨増殖が認められ，それぞれ加齢に伴う変形の可能性が指摘できる．右肩甲骨，右大腿骨頭，長管骨の一部に酸素欠乏状態で引き起こされた不完全燃焼による色調の青灰色化がみられた．青灰色化は右肩甲骨関節部と右大腿骨関節部が顕著であった。下顎骨の左頬側、左上腕骨近位端、左脛骨骨幹部の一部にはガラス化した膠着物質がみられ，歯牙のエナメル質は損壊し，頭蓋に激しい焼けはじけが看取された．

上岩崎中世墓出土男性骨の計測値では，近隣の縄文時代人骨とは明確な差が認められる一方，古墳時代人骨とは類似性が指摘された［富岡・足立他　2013］。ただし比較点数が少なく，出土部分が限定的で燃焼により歪んでいるため，今後も形

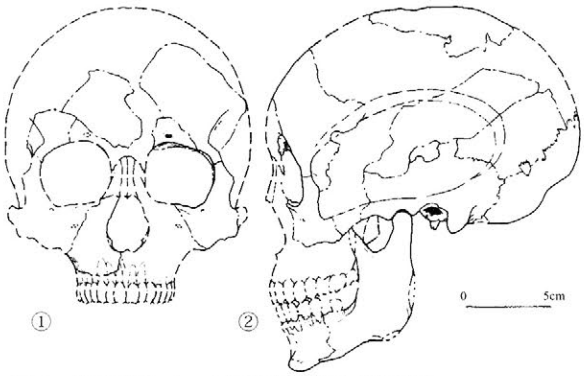


図１　焼人骨 No.1　上岩崎中世墓出土頭蓋骨
①正面　②左側面　実線：　出土部分、破線：　復元部分、一点鎖線：　破損ライン

態については慎重な検討が必要である.

3. 花木中世墓群

花木中世墓群の火葬墓2基は亀山焼壺内にほぼ1体分ずつの火葬骨が埋納されていた. この墓は土採り場での採土中に偶然出土したもので, 焼人骨No.2（図2）は頭蓋骨片（①)・下顎骨片（②)・指骨破片（③）が確認された. 壺内では青いガラス玉（⑤), 釘（⑥), 燃焼の痕跡がみられない粘土塊（④）が発見された. 玉は女性の副葬品の例数が多いが, 出土焼骨は部分的で性別の判定が出来ていないことから, この点の論考を深めることは困難であった。遺物としては非常に明確な形で粘土塊が検出されたことは重要である. これについては「4. 加入土砂の可能性」の節で詳論する.

3号焼人骨は出土量が少なく細片化しており, 同定可能な骨は検出されず, 壺内からの遺物の検出もなかった.

4. 加入土砂の可能性

花木中世墓群の焼人骨（No.2）に含まれていた粘土塊は先端が失われているが5～6面体状の棒のような形態を呈し, 亀山焼壺中で検出された他の土壌とは明確に異なった塊となっていた.（図2-④）そのため, 粘土は慎重に壺内より出され, 現在はコンテナケース中に別に保管されている.

本資料群が残されるよりも300～400年以前の12世紀末の日本の貴族に対し実施されていた葬儀について書かれた「吉事次第」[塙 1932a: p.459] では火葬骨の封入の作法で火葬行為の後に「次御骨ヲヒロフ, 次茶埦ノ瓶子ニイレテ土砂ヲクハヘ入テフタヲオオヒ, シロキカハ（白き革）ノフクロニイル」という様子を記述している. さらに12世紀後半頃の天皇・上皇・女院等の葬送次第を記した「吉事略儀」[塙 1932b: p.468] でも「納御骨於茶碗瓶子・・・次加入土砂」と書かれていることから, 火葬行為後に骨壺に封入する時に意図的に土を骨壺に土砂を入れた可能性があると考えている.

土砂が骨壺内で意図的に加えられたように出土した例は, 宮城県利府町硯沢窯跡出土火葬骨［瀧川 2011、富岡他 2014］の事例で知られている. 硯沢火葬骨では, 骨や骨粉の成分が多い壺内最下層の5層で暗褐色の土壌が多かったことが指摘された. この土壌は逆さまに埋納された壺の折られた口の近くにあったものの, 細い口部から土壌が多く滲入したとすることは不自然と考え, 富岡他[2014]は, 加入土砂によって土壌が壺内に意図的に入れられた可能性を指摘した. 花木火葬墓例も考慮すると加入土砂には複数の様態があった可能性が考えられ, 今後の類例の検討が望まれる.

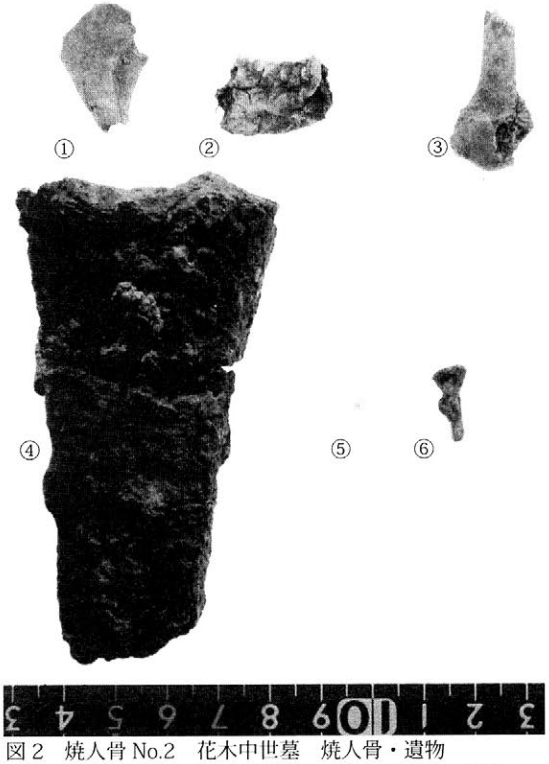


図2 焼人骨 No.2 花木中世墓 焼人骨・遺物
① 前頭骨破片 ②下顎骨破片 ③指骨破片 ④粘土塊
⑤ ガラス玉破片 ⑥ 鉄釘破片

引用文献

瀧川 渉 2011 「利府町硯沢窯跡出土の火葬骨について」『硯沢窯跡Ⅱ 三陸縦貫自動車道春日パーキングエリア建設に伴う発掘調査報告書』利府町文化財調査報告書第13集: pp.157-160
富岡直人・足立望・江川達也・高田知樹 2013 「岡山県井原市中世火葬墓出土焼人骨の研究」『第67回日本人類学会大会 プログラム抄録集』(日本人類学会): p.81
富岡直人・足立望・片岡明衣 2014 「焼人骨の情報とその解釈 ―宮城県仙台市洞ノ口遺跡出土の中世火葬骨を中心として―」『半田山地理考古』2（岡山理科大学生物地球学部地理考古学コース）印刷中
塙保己一 編 1932a 「吉事次第」『群書類従』(続群書類従完成社): pp.454-460
塙保己一 編 1932b 「吉事略儀」『群書類従』(続群書類従完成社): pp.461-469

近赤外線撮影法による長福寺本堂内陣柱迦陵頻伽図の図像調査

The Iconographical research of the Kalavinka image on a pillar in Chofuku-ji Temple, based on the near infrared photographing technology.

○青木智史(奈良教育大学)、大山明彦(奈良教育大学)、池田藍子(奈良県教育委員会文化財保存事務所)、鶴真美(奈良県立橿原考古学研究所)、山田宏(奈良県教育委員会文化財保存事務所)

○AOKI Satoshi, OYAMA Akihiko, IKEDA Aiko, TSURU Mami, YAMADA Hiroshi

1. はじめに

奈良県生駒市に位置する真言律宗・長福寺の本堂は、鎌倉時代に建立された建物であり重要文化財に指定されている。平成 24 年から解体修理が行われている。創建についてはいくつかの説があり判然としないが、寺伝によれば 13 世紀中ごろに叡尊の影響のもとで実詮らによって再興が図られ、現在の本堂は弘長 2 年(1262 年)に成立したとされている。従来から、本堂内の柱や長押などには鮮やかな彩色が施されていることが知られていたが、現在は経年劣化による著しい退色や剥落が生じており、その全容は判然としない。しかしながら、平成 25 年 11 月に実施した試験的な光学調査において、可視光下では退色等により不明瞭な図像も、近赤外線撮影では明瞭に確認されることが明らかとなった。そこで、解体修理に伴い実施されている彩色調査に関連して、内陣内の近赤外線撮影調査を実施した。調査の第一段階として内陣柱下部に描かれている迦陵頻伽図を対象とした近赤外線撮影装置を用いた図像調査を行い有意な成果が得られたため報告する。

2. 調査とその方法

調査には近赤外線撮影装置 PENTAX 645D IR を使用した。調査では同一アングルから可視光撮影および近赤外線撮影を実施し、その都度光学フィルタを換装して撮影を実施した。また、事前調査において近赤外線撮影波長域 (1)約 760-1100 nm、(2) 約 860-1100 nm、(3) 約 960-1100 nm の 3 条件で撮影を行った結果、条件(1)が最も図像調査に有効であったため本調査では約 760-1100 nm の波長域を撮影範囲とした。

本研究で調査対象とした内陣柱(柱 ほ六)は、断面が蒲鉾状を呈する異形の柱で、脇陣に面する部分が角柱状、内陣内側に面する部分が丸柱状となっている。彩色は丸柱状の面全体に施されており、調査対象とした迦陵頻伽図以外にも来迎図や菩薩図などが描かれている。一般に彩色の現状模写が行われる場合は上げ写しの手法が用いられるが、同柱は異形の柱である点や、剥落が進行しており調査に伴う毀損の可能性がある点などから、通常の上げ写し法の適用は困難であった。そこで、本研究では現状記録を目的とした可視光撮影および、図像調査を目的とした近赤外線撮影を精密かつ全面的に実施し、得られた複数の画像をコンピュータ上で結合して展開画像を作成し、文化財記録保存の基礎資料の提供を目指した。

調査は平成 25 年 12 月と平成 26 年 2 月の 2 回実施し、前者は解体前の柱が立った状態で撮影調査(以下、撮影調査A)を行い、後者では解体後の柱を寝かせた状態で撮影調査(以下、撮影調査B)を行った。撮影調査Aでは、迦陵頻伽図が描かれた部分のみを撮影範囲とし、図像の上部と下部を一定距離(柱面から 93cm)で 6 方向から撮影し(可視光画像、赤外線画像ともにそれぞれ 12 枚の画像を撮影)、コンピュータ上で Adobe Photoshop CS6 Extended を用いて結合し展開画像とした。なお、その際撮影に伴う収差を考慮し、影響の少ない範囲を選択して画像処理を行った。撮影調査Bでは、取り外した柱の上面と下面に 16 角形の板を張り付け、柱を転がしながら柱全体の撮影を実施した。本研究で報告するのは、その内の迦陵頻伽図が描かれた範囲を一定

距離(柱面から85cm)で7方向から上下2分割して撮影を行った内容である(可視光画像、赤外線画像ともにそれぞれ14枚の画像を撮影)。撮影調査Aと同様にコンピュータ上で結合し展開画像とした。

3. 結果と考察

調査の結果、可視光下では判然としなかった迦陵頻伽図の全体像を明らかとすることができた。詳細についての検討は今後美術研究者側に委ねることとなるが、本調査によってこれまで知られていなかった図像情報の提供が可能となった。例えば、縦笛を奏で片足を地につけもう一方を屈曲する姿や詳細な衣の表現、図像右側の羽の表現などは、本調査により新たに明らかとなった内容である。鎌倉時代の迦陵頻伽図像研究に新しい資料を提出することが可能となり、本研究の大きな成果となった。赤外線撮影法の彩色図像調査における有効性を改めて示すものとなったといえる。さらに、柱のような平面ではない対象に描かれた彩色図像についても、本研究で行ったような複数画像から展開図を作成する手法を用いることで現状模写などの文化財記録保存分野への貢献も可能であることも示された。本調査に用いた撮影装置は4000万画素の高精細撮影像を得ることが可能であり、収差の生じない範囲を結合した展開図全体でも4000万画素を超える高精細画像を得ることができた。このため微細な墨線一本一本の表現を読み取ることも可能であり、高密度で実寸印刷することにより上げ写し等に利用することも可能である。

撮影調査Aおよび撮影調査Bはいずれ実効的な成果が得られたが、撮影に適した条件を設定し得た撮影調査Bの方がより多くの図像情報を明らかにすることができた。ただし、撮影調査Bのような、撮影調査に最適化した作業環境が提供されることは稀であり、調査現場の状況に合わせて実施することが求められるだろう。しかしながら、撮影調査Bで開発した柱全体の撮影方法と展開図作成技術の有効性は極めて高く、今後も柱等の彩色調査を実施しする場合には適用の可能性を探ることが必要であろう。

図　迦陵頻伽図の赤外線画像展開図(撮影調査B)

宮崎県・鹿児島県出土ガラスの化学組成から見た日本の古代ガラスの流通に関する研究

Study of Distribution of Ancient Glass in Japan by Chemical Compositions of Glass Excavated from Miyazaki and Kagoshima Prefectures

○柳瀬和也[1]，松﨑真弓[1]，澤村大地[1]，橋本英俊[2]，東 憲章[3]，永濵功治[4]，中井 泉[1]
（東理大・理[1]，宮崎県埋蔵文化財センター[2]，宮崎県立西都原考古博物館[3]，鹿児島県立埋蔵文化財センター[4]）

1. 序

日本にガラスが伝えられたのは，弥生時代前期末～中期初頭の九州北部とされており，弥生時代～古墳時代には海や陸のシルクロードを通して様々な地域のガラスが日本へと搬入されたと考えられている。ガラスの化学組成は使用された原料の種類や採取地の違いを反映するため，多様な起源を有する日本出土ガラスの化学組成は複雑である。肥塚ら[1-3]による先駆的な研究によって，日本国内から出土するガラスの考古化学的な研究が進められてきた。当研究室もこれまでに熊本県，茨城県，佐賀県[4-6]の遺跡から出土したガラスのほか，国立科学博物館所蔵の小田幸子氏のコレクション[7]の非破壊オンサイト化学分析を行っており，日本における古代ガラス流通の様相の一端を明らかにしつつある。我々は日本列島全域へと考察を進めていくことを目標として研究を進めており，本発表ではこれまで化学分析調査が不十分であった宮崎県，鹿児島県の遺跡から出土したガラスを新たに分析し，先行研究との比較により九州内部および東西日本におけるガラス流通の様相について考察を行った。また当研究室が過去に分析した東南アジアのガラス[8]とも比較を行い，東南アジア地域との関連性も合わせて考察した。

2. 分析資料および分析装置

分析資料は弥生時代～古墳時代の宮崎県のガラス 127 点，鹿児島県のガラス 23 点である。分析資料の大部分は紺色や水色，黄緑色など様々な色の単色のガラスビーズであり，紺色の地に黄色斑点を施したトンボ玉も見られた。比較資料として熊本県，茨城県，佐賀県のガラス[4-6]および東南アジアのガラス[8]の分析値を用いた。

化学組成分析には当研究室が OURSTEX（株）と共同開発したポータブル蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA-II および IV を用いた。得られた蛍光 X 線スペクトルから，検量線法を用いて全 18 元素の酸化物換算濃度を算出した。また，ガラス中に散在する顔料の同定には，ポータブル顕微ラマン分光分析装置 MiniRam（B&W TEK 製）による分析を行った。

3. 分析結果および考察

分析したガラス 150 点を主成分組成に基づいて分類した結果，すべてアルカリケイ酸塩ガラスで，その内訳はアルミナソーダ石灰ガラス（Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2 系）53 点，ソーダ石灰ガラス（Na_2O-CaO-SiO_2 系）56 点，カリガラス（K_2O-SiO_2 系）41 点であった。これらのガラスに関して，より起源の違いを反映しやすい微量重元素 Rb_2O, SrO, ZrO_2 の含有量に着目して特性化を行った（Fig. 1）。これより，ガラスタイプごとに重元素組成に違いが見られ，この 3 タイプのガラスが異なる起源を持つとする先行研究[1-3]を支持した。また先行研究の分析結果[4-6,8]も合わせてプロットすると，宮崎県や鹿児島県のガラスは，熊本県，佐賀県，茨城県のガラスと近い組成的領域内に収まった。したがって，同様の起源を有するガラスが熊本県や佐賀県，茨城県の他，宮崎県，鹿児島県においても流通していたことが明らかになり，日本国内を広く流通していたことが示唆された。ただし，鹿児島県の下ノ原遺跡（古墳時代）から出土した 2 点のアルミナソーダ石灰ガラスは，当研究室でこれまで分析した日本国内出土のアルミナソーダ石灰ガラス[4-6]とは異なる組成的特徴を持ち，ラオスやベトナムといった東南アジアで特徴的に見られるアルミナソーダ石灰ガラス[8]と同様の組成的類似性が認められたことから，同地域との関連性が示唆された。

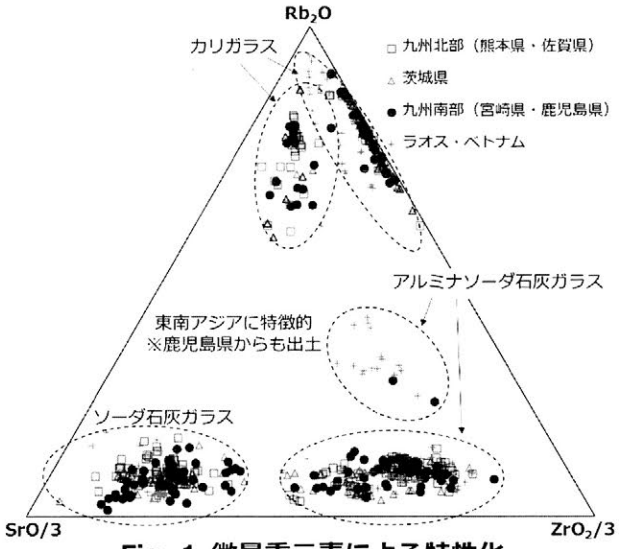


Fig. 1 微量重元素による特性化

【謝辞】

本研究を進めるにあたってご助言をいただきました熊本県立装飾古墳館の坂口圭太郎氏，池田朋生氏，宮崎県教育庁の北郷泰道氏に深く感謝いたします。また，貴重な考古資料の分析の機会をくださった各所蔵施設の関係者各位のご協力に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

1) 肥塚隆保：GLASS, **53**, 3-9 (2009).

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

3) 田村朋美：文化財学の新地平，1367-1384(2013).

4) 白瀧絢子，阿部善也，K. タンタラカーン，中井 泉，池田朋生，坂口圭太郎，後藤克博，荒木隆宏：考古学と自然科学，**63**，29-52 (2012).

5) 松﨑真弓，白瀧絢子，池田朋生，中井 泉：X 線分析の進歩，**43**，437-452 (2012).

6) 松﨑真弓，白瀧絢子，池田朋生，中井 泉：X 線分析の進歩，**44**，217-229 (2013).

7) 白瀧絢子，中井 泉：国立科学博物館研究報告 E 類（理工学），**34**，61-71 (2011).

8) 松﨑真弓，ラプチェフ・セルゲイ，澤村大地，中井 泉：日本文化財科学会第 30 回大会 研究発表要旨集，162-163 (2013).

土器様式はなぜ維持され、なぜ変化するのか

―科学的方法を用いた追跡調査による土器製作者の安定性・無意識的模倣とそのメカニズム―

Maintain and change of pottery style: investigation of the mechanism of potter's stability and unconscious imitation by the follow up survey using the scientific methods

○ 平川ひろみ（鹿児島国際大学大学院）、中園 聡（鹿児島国際大学）
○ Hiromi Hirakawa (IUK Graduate School), Satoru Nakazono (The International University of Kagoshima)

はじめに

様式や型式は、土器研究における考古学的操作の単位として用いられてきた。通常、「様式（型式）が維持された」「変化した」という結果を把握することは可能だが、「なぜ維持されるのか」「なぜ変化するのか」について説明することは困難であった。様式（型式）に関する用語や定義についての議論の一方で、このような「なぜ」という極めて重要な問題は放置され、科学的解明が不十分なままであった。我々の身の回りの様々な物質文化の様式（型式）の維持・変化のメカニズムを理解することは、考古学に特化した課題ではなく、広くヒトの理解を進めるための関連諸科学に広く関係するものでもある。そのため、説明が困難であるという理由で放棄すべきではなく、むしろ検討を進めることで豊かな成果を得ることが可能であると考える。そこで、本研究では民族考古学的調査における科学的調査の諸成果に、近年の認知科学や脳科学の成果も取り入れながら検討を試みる。

土器製作者の安定性と共変化

我々は、北タイの伝統的土器製作村で、多年にわたり同一工房の製作者グループを中心に調査を続けてきた。製作者の熟練した動作の安定性・変化について、製作者、作品だけでなく工具の変化等にも注目しながら追跡調査している。調査にあたっては、文化財科学的手法、すなわち土器の計測値、三次元形状の分析、モーションキャプチャによる製作者の動作解析、蛍光X線分析による胎土分析など多岐にわたる方法を用いている。これに加えて認知科学的観点を含めた検討・考察も行っている（e.g. 中園・平川 2013）。

その結果、①土器製作者個人の安定性は高く、個人内変異は個人間変異よりも小さい、②製作者が複数個体同時製作を行うことで個人内変異の幅を小さくしている、③製作者個々人は安定した運動習慣（モーターハビット）を獲得している、ということが分かっている。なお、土器製作の1セッション、1シーズンといった短期間では変異幅は小さく、製作者がリズムや身体の使い方を含む「クセ」といえるような個人ごとの安定性を保持していることを示している。また、4名の製作者による土器の計測的分析では、形態が年々僅かながら変化していることが判明している（e.g. 中園・平川他 2012）。これは口縁部形態の概形等のほかは計量的分析でようやく検出される程度のものである。ここで注目すべきは、製作者4名とも同じ方向性をもって共に変化することがあること、そして製作者たちはその変化を全く自覚していないということである。おそらく、製作者間の無意識的相互模倣が深く関連していると考える。また、こうした共変化が定向性をもって継続した場合、型式変化のような局面に至りうるであろう。これは型式変化のメカニズムの重要な一要因となりうると考える。

土器製作者と模倣学習

模倣は、現生人類の特性を示す有望な認知能力の一つであると考えられている。認知心理学において、模倣やそれに関する重要な概念や認識の進展があるが、G. Rizzolatti ら（1996）によって発見されたミラーニューロンは、相手の行為や仕草などを無意識に真似することで相手の心を理解しようとすることに重要な関わりをもつと考えられている。この他にも、自己-他者-物を相互に関連づけて認識する「三項関係」も、模倣と他者理解を説明するのに重要な概念とみられる（e.g. Tomasello 1999 ; Tomasello et al.1993）。

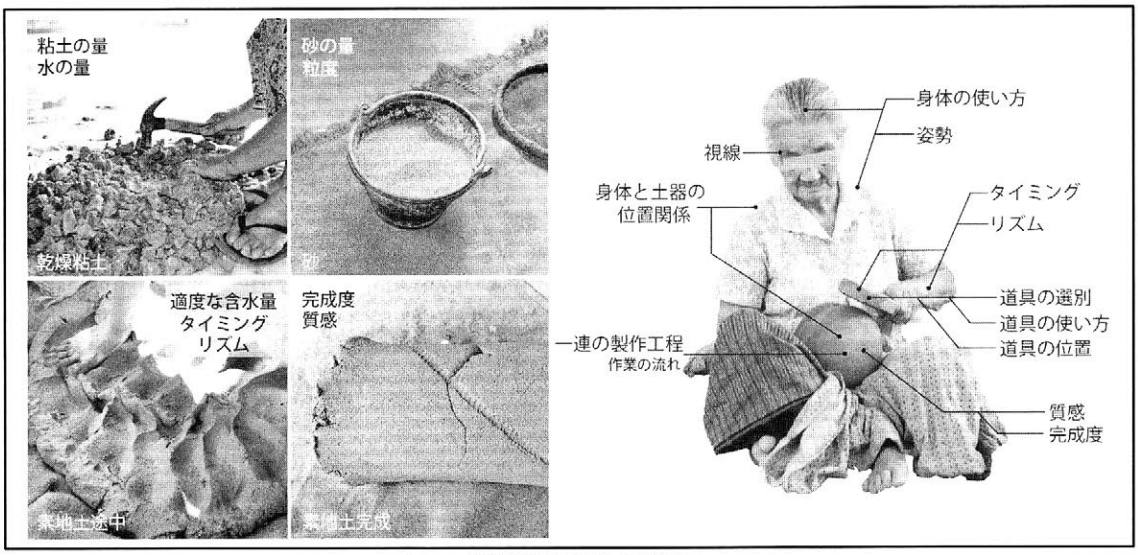


図1　土器製作に係る「暗黙知」

「どのような物にどのような身体の動きがともなうと、どのような結果が起きるのか、といった行為の因果関係（行為の意味）が認識される」（明和 2004）といった人の認知的特性についても明らかにされつつある。近年の模倣研究を総合すれば、人は①他者が何を考えているか常に気にしている、②他者に合わせることができる、③基本的に他者と似たものを好む／相手に類似させようとする傾向がある、とまとめられる（平川・中園 2013）。

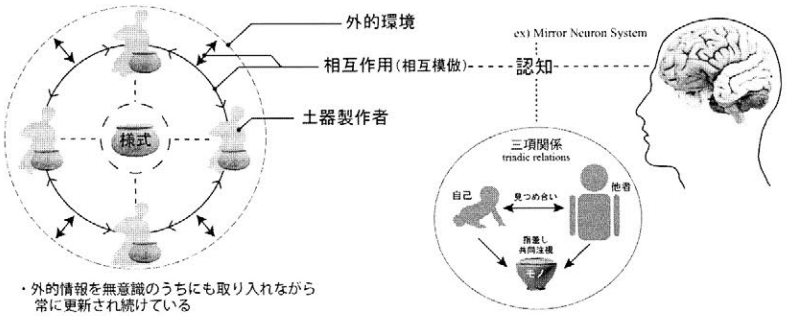


図2　模倣学習と相互模倣

タイの伝統的土器製作村で観察される技術継承は、しばしば母から娘へのような「閉じた」関係で成立するが、一方で、村全体で特定の土器様式を保持している。これは、土器の計測的分析からも示唆されるように、製作者本人たちは意識せずとも、製作者間相互の日常的な何気ない製作現場の訪問や、製品をあちこちで目にすることや、リズミカルなタタキの音を聞くことなどを通じて、皆で同じ様式を自然に学習（相互模倣）しながら共変化している可能性が高い。それは村内の土器様式を生み出す重要な要因の一つと考える。相互模倣は意識的／無意識的に行われており、その対象は土器の概形といった視覚的に明確なものから「暗黙知」のような言語表現が困難なものまで幅広くみとめられる（図 1）

おわりに

土器様式が維持され、変化するメカニズムには、製作者間の相互模倣が大きな要因の一つであることを主張した。製作者は安定したモーターハビットを獲得し、安定した動作の反復に基づく安定したサイズ・形態の製品を作る反面、相互模倣により変化が生じると考えられるのである。なお、ヒトの自動化・固定化された動作は、長期的に不変のように見える一方で、Becker（2008）がいうように全体の相互作用を通した「生きた構造」の中で常に再帰的にリニューアルされ続けていることになろう（図 2）。以上の成果は、集団を単位として捉える視点では説明しがたく、ここにおいても「個人」への着目が必要であることを明記しておきたい。物質文化を用いて過去を復元する考古学は、認知的特性への注目はますます欠かせず、今後も科学的調査と認知考古学的視点をふまえながら、さらに検討を進めていきたい。

※JSPS 科研費・基盤研究（B）（26284124）の成果の一部である。

地中レーダ探査における地形補正の有効性と必要性
－天理市西山古墳の探査例－

Efficacy and necessity of terrain correction for GPR survey
－case of a survey at Nishiyama kofun－

○岸田 徹（同志社大学文化遺産情報科学研究センター），
桑原久男（天理大学），小田木治太郎（天理大学）

1．はじめに

我々は，奈良県天理市柚之内町所在の西山古墳後方部墳頂において地中レーダ探査を実施し，詳細な測量データに基づいて，データの地形補正を行った。そして time slice 図と地形補正した後の topo slice 図において，捉えられた遺構の様子を比較，検討し，緩やかな起伏地においても，地形の補正を行うことで探査精度の向上が認められることを検証した。

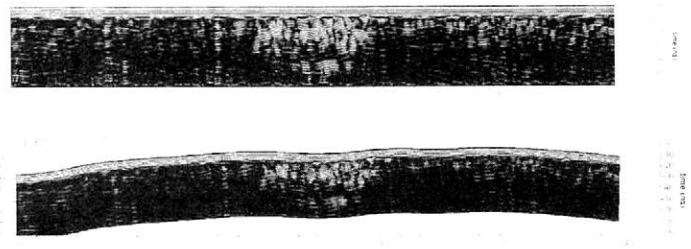


図 1　地形補正前の profile（上）と補正後（下）

2．調査の概要

地中レーダ探査は米国 GSSI 社製 sir-3000，および中心周波数 200MHz，400MHz のアンテナを用いて実施した。測線の間隔は 0.5m 間隔とし，東西および南北方向に格子状に走査した。

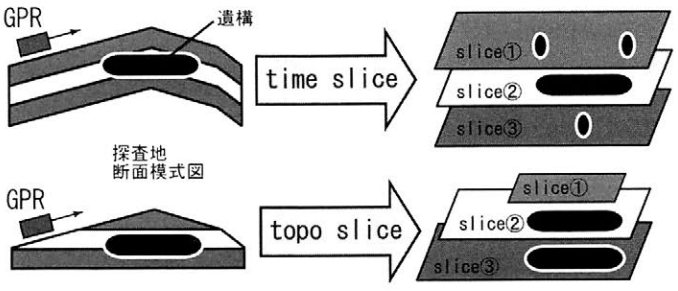


図 2　time slice と topo slice の概念図

取得した個々の測線上での profile（断面データ）に各種フィルタ処理を行い，不要なノイズを除去した後，西山古墳の 3 次元レーザースキャナによる測量データ（国際日本文化研究センター・寺村裕史氏提供）を用いて，地形補正を行った。地形補正による利点の一つは，地表面からの距離を基準に平面図化する time slice 図に加え，水平面（同標高面）を基準とした topo slice 処理が実施できることである（図 2）。topo slice 図は墳丘の中に水平に構築された石室や木棺などの平面形状を把握する上で特に有効である。

3．結果

図 3 に 200MHz アンテナを使用して得られた profile より作成した time slice 図（上）と，地形補正をして得られた topo slice 図(下)を示す。両結果とも竪穴式石室と考えられる異常を明確に捉えていたが，topo slice 図においては，後世の盗掘の際に開けられた盗掘坑の位置や，石室の石材が抜き取られた様子が明瞭に表れており，遺構の残存状態等が精度よく検討できることがわかった。

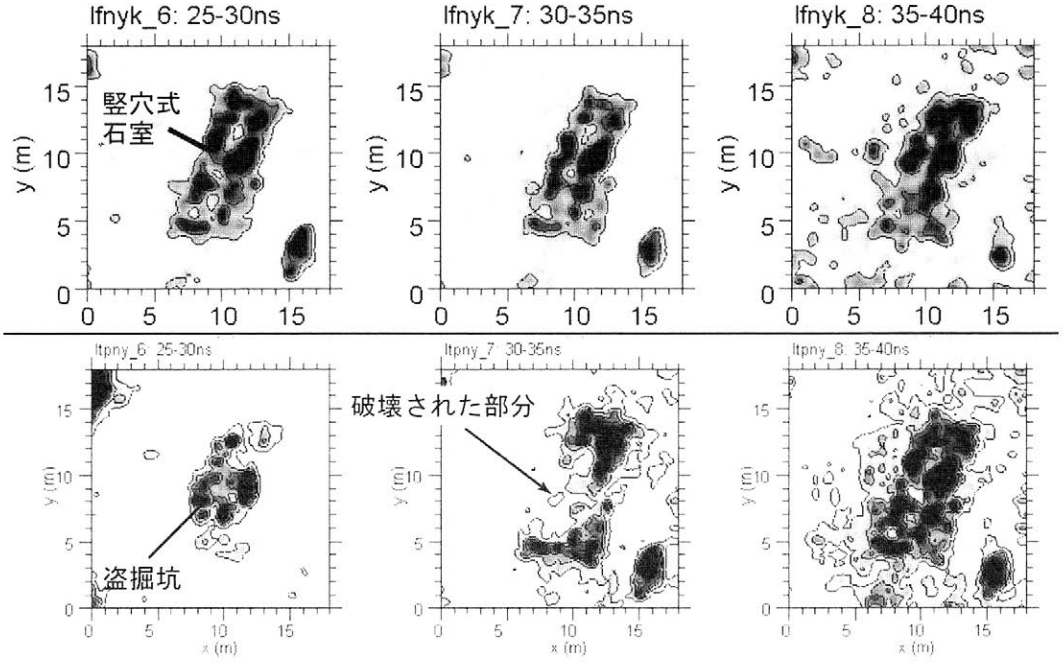


図 3　time slice 図（上）と topo slice 図（下）の比較

4．まとめ

全長 180m を超える西山古墳の後方部墳頂部は，広い平坦面を持ち，緩やかな起伏があるものの急傾斜は存在しない。その様な探査地では，従来，詳細な測量データを基にした地形補正及び topo slice はあまり実施されてこなかった。しかし今回の研究により，その様な探査地においても，地形補正と topo slice 手法は有効であり，遺構の詳細な状況を検討するために必要であると考えられる。

<参考文献>

岸田 徹　2014「西山古墳における物理探査」『柚之内古墳群の研究』柚之内古墳群研究会

寺村裕史・庄政典　2014「データ解析の方法と等高線図の作成」『柚之内古墳群の研究』柚之内古墳群研究会

可児市大萱古窯跡における探査と発掘の連携

A Collaborative project of archeological prospection and excavation at Oogaya kiln site in Kani City, JAPAN.

○金田明大(奈文研)・長江真和(可児市教委)・西口和彦(奈文研)・
ナワビ矢麻・今城未知(早稲田大学)

はじめに　日本で生産された茶碗の内、国宝指定のものは志野茶碗（銘：卯花墻）と白楽茶碗（銘：不二山）の 2 点である。荒川豊蔵氏は探求の結果、卯花墻をはじめとする志野焼の生産が岐阜県可児市所在の大萱古窯跡群などで生産されたことを明らかにした。

可児市教育委員会は桃山陶の代表的な産地である大萱古窯跡群の実態と活用を目的として、愛知学院大学と連携して分布調査を実施し、また奈良文化財研究所と連携し、探査手法と発掘調査の連携による窯跡の解明を進めている。本発表では窯跡群に属する牟田洞古窯跡および窯下古窯跡の探査と発掘成果について比較し、中世陶器産地における調査法の実践例を紹介する。

探査の概要　牟田洞古窯跡は複数の窯の存在が想定されているが、その位置などの詳細については研究を進める必要があった。そこで地形観察などで可能性が指摘される個所について、磁気探査を実施した。磁気探査機はフラックスゲート式磁気探査機 FM-36 を用いた。

探査区は植生や地形に合わせて任意の座標で 3 か所設定し、測定範囲の任意の点を 4 点計測して座標を付与した。測線間隔は 1 m である。2 地点では、既に窯が部分的に確認できたが、当該地域の磁気探査による窯の探査成果の検討を目的に探査を実施した。

この結果、1 地点で 1 か所、2 地点で 2 か所、3 地点で 1 か所の異常部分を指摘することができた。続いて可児市教育委員会がおこなった確認調査では 4 基の窯の存在が確認された。1・3 地点の窯の存在は予定と近かったが、2 地点の北側については、斜面の下のトレンチで窯体が確認されているものの、それに関連するものかは今後検討が必要であろう。

窯下古窯跡はより地形が急傾斜の部分がある。過去に発掘が実施され、出土した資料が知られている。ここでも使用機材は同様である。測線は地形に合わせた任意の座標で設定した。また、探査の迅速化の試行のため、一部で座標をトータルステーションで計測を実施し、TIN で内挿をおこなった。この結果、従来よりもより柔軟かつ位置精度よく探査が可能であることを示すことができた。

この結果、4 か所の異常部を指摘し、その内の 3 か所を窯の候補として調査対象とした。確認調査により、東西 2 か所の窯の存在を確認した。1 か所は鉄製品が出土した。

まとめ　本調査においては、探査と発掘を連携することにより、迅速に窯の可能性のある個所を示し、遺構の迅速な把握に寄与することができた。また、迅速化のための試行錯誤をすることができた。今後、これらの手法を洗練していきたい。

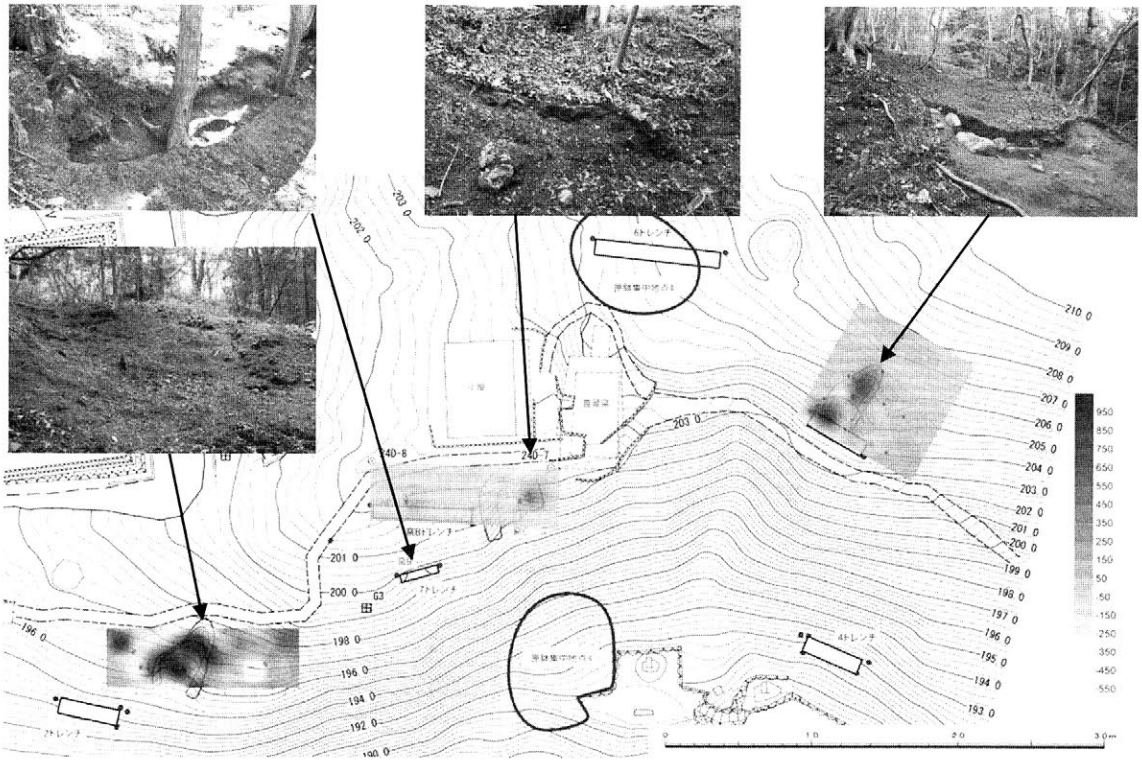


fig.1)　牟田洞古窯跡探査成果と発掘調査状況

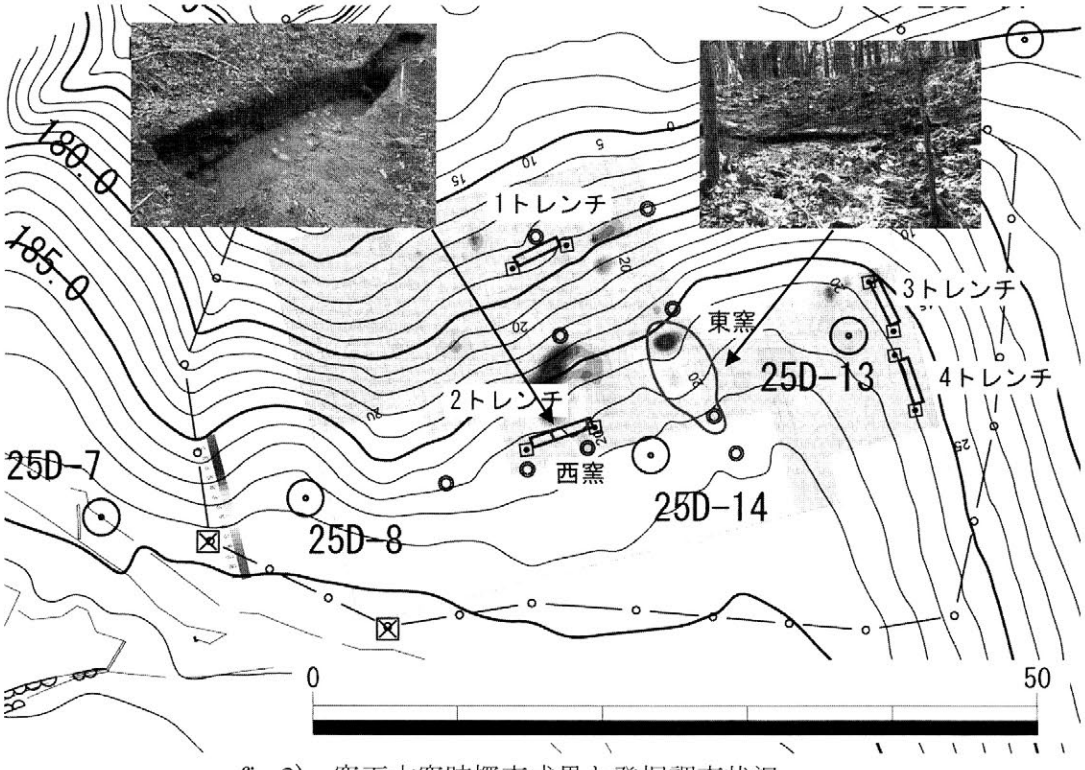


fig.2)　窯下古窯跡探査成果と発掘調査状況

萩反射炉における地中レーダ探査を用いた健全度調査

Investigation of soundness at Hagi Reverberating Furnace using Ground Penetrating Radar

○高瀬尚人（応用地質）、小林恵（同左）、田村晃一（同左）、柏本秋生（萩市文化財保護課）

1. はじめに

江戸時代末期の萩（長州）藩が建造した国指定史跡「萩反射炉」は、長年の風雨や地震等の影響による風化・変状が進行し、目地材の流出等による壁内の空隙が懸念されている。そこで、煙突部壁面において、物理探査（地中レーダ探査）を用いた健全度調査を実施した。高密度な探査測線を配置し、地中レーダ探査の反射振幅の強弱を立体的に表現することによって、壁内の空隙と推定される不均質な範囲を効率的に検出することができた。

2. 探査の概要

萩反射炉の全景を写真 1 に示す。残存する遺構は高さ 10.5m の煙突部であり、主要部分は安山岩、上部約 2m は煉瓦によって積み上げられている。この反射炉煙突部の保存対策としては、昭和 56・57 年度に目地空隙部の充填工事が施工されている。

探査実施に際しては枠組足場を仮設し、東西南北の各壁面を探査対象とした。

煙突壁面はブロックと目地によって凹凸が著しいため、アンテナの走査が困難である。また壁面保護も重要と判断されることから、写真 2 のように測線設定前にビニルシートを壁面に被せて、0.2m 並行に測定した。

地中レーダ探査装置は G.S.S.I 社製の SIR-3000 及び 900MHz アンテナを使用した。

写真 1.　萩反射炉の全景

3. 探査結果

プロファイル測定記録の一例を図 1 に示す。当該記録例は北壁面の標高 17.2m を測定した記録であり、距離程約 1.5m 及び約 3m において東西の煙道が検出されている。また、東壁面及び西壁面の近傍では反射振幅が特に強い範囲（図 1 の白丸部分）がみられることから、壁内に空隙等の不均質な範囲が存在する可能性がある。

そこで、反射振幅の平面分布を把握するため、測定記録を用いて壁面のスライス断面を作成した。

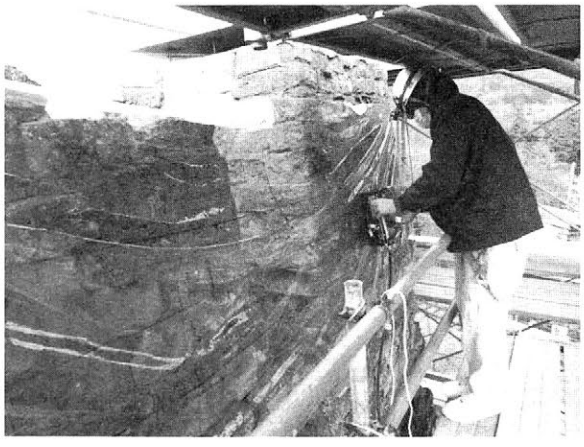


写真 2.　測定状況

スライス断面の一例として、北壁面の結果を図２に示す。

このスライス断面は図 2 の左側に示すような煙突部の中央付近での断面であり、東側煙道及び西側煙道が検出されている。煙道を除いた大部分は反射振幅が弱いことから、壁内は均質であり健全であると推定できる。一方で、東側煙道の上端に位置する煉瓦積みの部分や西側煙道の内壁、また東西壁面の一部に反射振幅の強い範囲が検出されており、相対的に不均質な範囲が存在すると推定できる。この不均質な範囲は、目地の開き等の空隙に起因する可能性もあることから、今後の保存対策に向けた注意個所として指摘した。

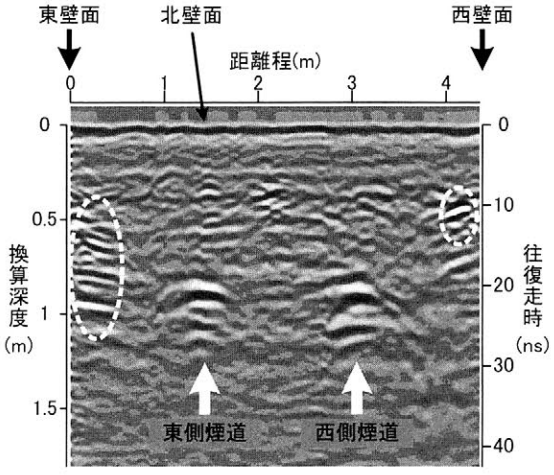


図 1.　測定記録の一例

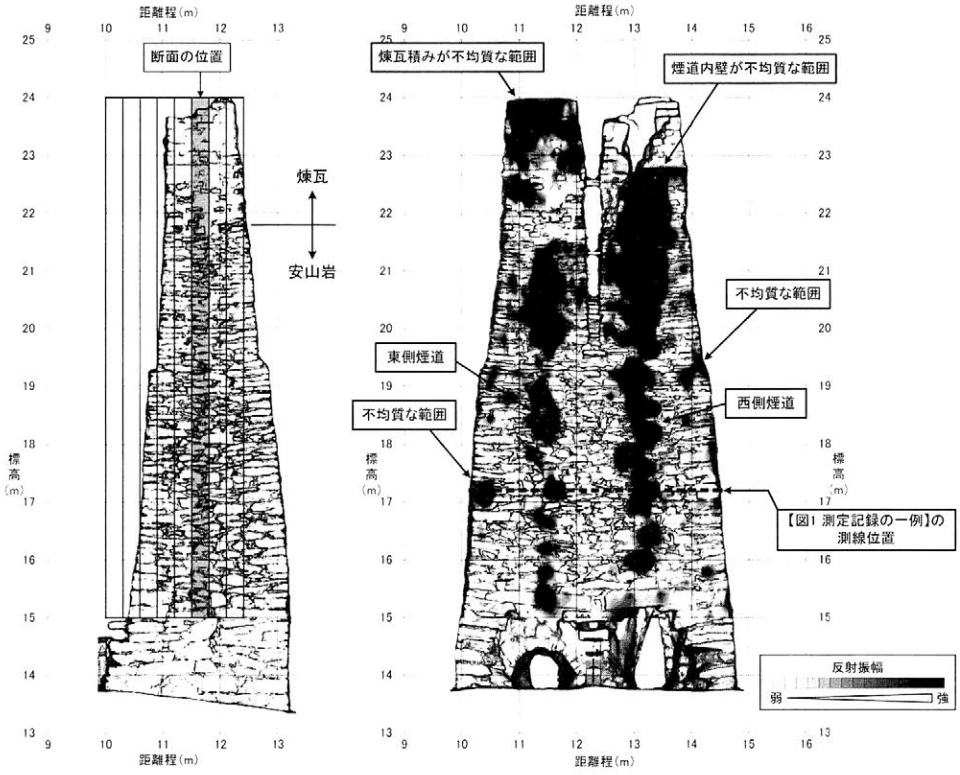


図 2.　スライス断面図

４．まとめ

国内に現存している反射炉は静岡県韮山と萩の２基のみであり、これらの反射炉は世界遺産登録を目指す「明治日本の産業革命　九州・山口と関連地域」における構成資産の一つで、重要な産業遺産である。本事例では健全度を確認する目的で地中レーダ探査を行い、部分的に不均質な範囲が検出されたことから、壁内の一部に空隙が存在する可能性を指摘した。

地中レーダ探査を用いた石積みの内部構造を把握する調査は、城郭の石垣や古墳の石室、また本事例のような建築物を対象としてこれまでも行われてきたが、スライス断面表示することにより、効率的かつ視覚的に健全度を評価することができ、今後の保存対策の有効な資料となり得るものと考える。また、今後実施予定の耐震診断等のデータとしても活用する計画である。

九十九里地域における古墳のレーダー探査

Radar exploration of the tumulus in Kujukuri region

○ナワビ矢麻・今城未知(早稲田大学文学研究科)、金田明大(奈良文化財研究所)

1. はじめに　早稲田大学考古学研究室では、2011 年より九十九里地域において古墳時代から古代にかけての地域研究を推進している。古墳の学術調査では、千葉県芝山町に所在する高田 2 号墳、山田・宝馬 3 号墳、同横芝光町に所在する殿塚・姫塚古墳において実施している。

学術調査における現実的制約はあるが、可能な限り遺跡から情報を取得し、考察に結びつける必要性がある。この目的達成のために、早稲田大学と奈良文化財研究所は連携研究協定を締結し、物理探査(特にレーダー探査)を含めた総合的調査を行っている。本発表は上記の3基の古墳についての成果報告である。

2. 調査の方法　対象とした古墳は既に測量や発掘調査が実施されているものもあるが、今回は学術的な視点からさらに多くの情報の取得、記録を目的とした。レーダー探査を実施する際の重要な手がかりとなるため、観察に基づく微地形測量を行った。

測量図や過去の発掘調査成果を基に、古墳の情報を最大限得られるようにレーダー探査区を設定した。その結果、いずれの古墳においても、墳丘規模の把握や周溝の位置・形状の確定、埋葬主体部の位置確認等の成果を得た。レーダー探査においては、同じ深さを平面的に横に切り取った Time-Slice 図と、各側線の深さの反応が表れる Profile 図とがデータとして出力されるが、両者を比較することで遺構の位置や形状に関してより精密に把握することができる。また異なる古墳における同じ遺構(周溝、石室等)を対象としたレーダーの反応を比較することで、反応から遺構の情報をより多く得ることができる。発掘調査の結果のレーダー探査へのフィードバックも、非常に有効である。

3. まとめ　古墳の調査においては、発掘等で遺跡を改変する前に、できるだけ多くの情報を取得するべきである。この点で、遺跡を非破壊で調査するレーダー探査が非常に有効な手段であることが確認できた。また高田2号墳の例のように、探査結果に基づいた発掘調査計画を策定することで、遺跡へのダメージを最小限にしつつ、最大限の成果を挙げることができる。今後も県内外を問わずデータを蓄積し、レーダーの反応から遺構の種類や規模、状況までを把握できるような方法を確立することを目的として調査・研究を進めていきたい。

引用文献

城倉正祥　ナワビ矢麻　今城未知　鈴木徳彦　2014「千葉県横芝光町殿塚・姫塚古墳の測量・GPR 調査」『古代』早稲田大学考古学会　第 132 号

城倉正祥　久保田慎二　青木弘　金田明大　2011「千葉県芝山町高田2号墳の測量調査」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』

芝山町教育委員会 1992『芝山町史　原始・古代編』芝山町

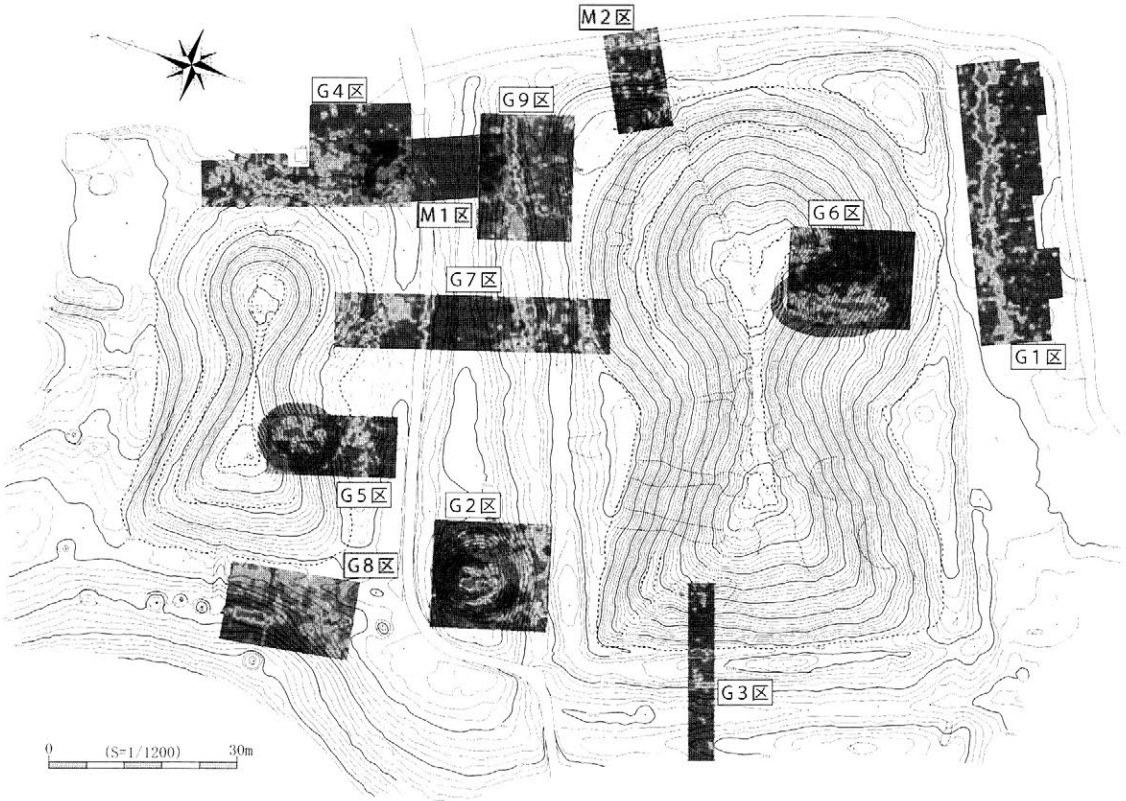


fig1. 殿塚・姫塚古墳の GPR 探査成果

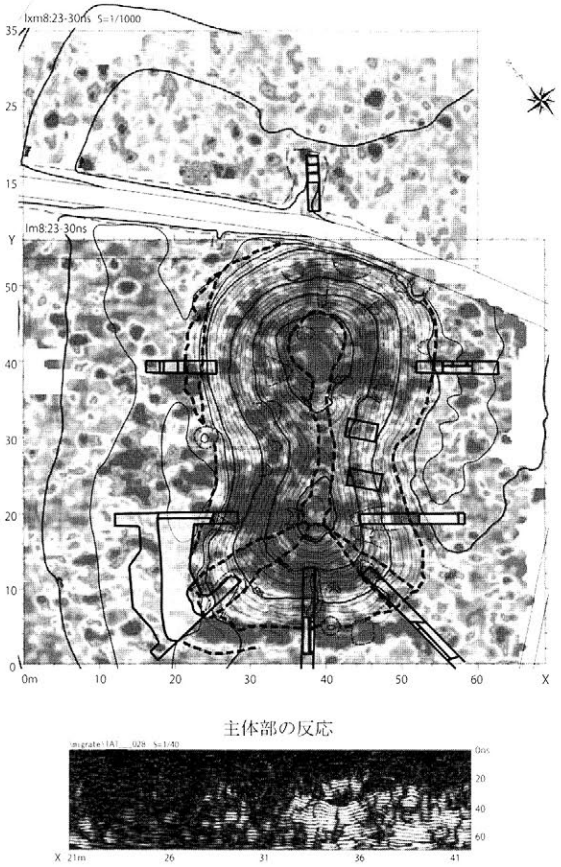


fig2. 高田２号墳の GPR 探査成果

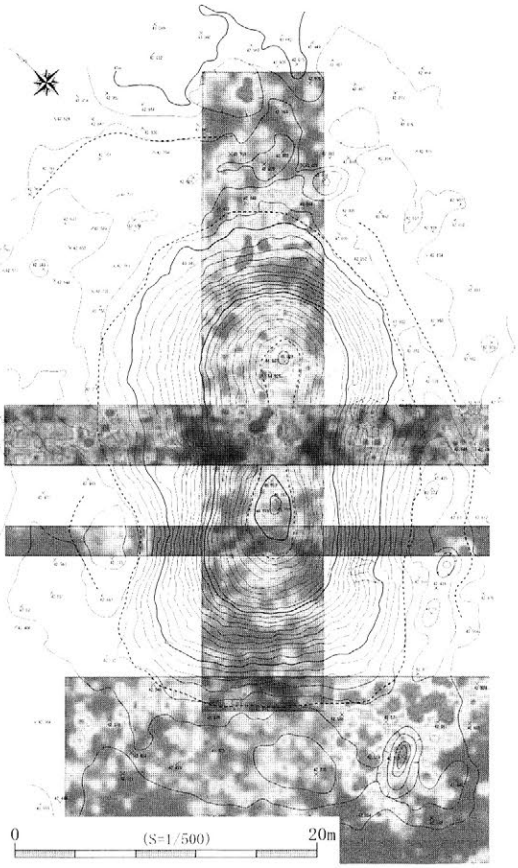


fig3. 山田・宝馬３号墳の GPR 探査成果

陸前高田市被災民俗資料の安定化処理と抜本修復

—生業用具および民俗芸能用装身具を対象にして—

Stabilization Treatment and Restoration on Tsunami Damaged Folkloric Objects Recovered from the Rikuzentakata City Museum – Focusing on Occupation Tools and Personal Ornaments for Folk Performing Arts.

目時和哉（岩手県立盛岡第一高等学校）、○武田昭子、小野詩織、白石彩加（昭和女子大学）、赤沼英男（岩手県立博物館）、熊谷賢（陸前高田市立博物館）

1. はじめに

2011年3月11日に発生した巨大地震と大津波によって、岩手県沿岸部に所在する博物館等文化施設も深刻な被害を受けた。岩手県陸前高田市立博物館は岩手県の中でも特に被害規模が大きく、22万点に上る資料が海水損した。とりわけ民俗資料の損傷は著しく、形態が多様で素材も多岐にわたること、および使用痕を保持する必要があることなど、安定化処理および抜本修復を進めるうえで大きな制約を伴っていた。このような状況をふまえ、筆者らは民俗資料に多用されている素材の一つである木および鉄から構成される大工道具を用い、効率的に除菌・除泥・脱塩を行う方法の確立を図った。更にその方法を改良し、使用痕および形態を保持しつつ、効果的に安定化処理を施す方法を検討し、木製篦等を対象に実践した。また、真鍮をはじめとする複数の金属材料で構成された繊細な民俗芸能用装身具の簪は、物理的処理と化学的処理を併用して安定化処理を行った後、修復した。一連の処置が完了した資料については、経過観察を行うとともに、その一部を文化財等の被災と再生をテーマとした展覧会に出陳し、被災民俗資料が再び博物館資料として利活用できることを示した。以下に安定化処理および修復の詳細を述べる。

2. 海水損した鉄・木複合民俗資料の安定化処理方法

被災民俗資料の安定化処理方法構築に当たり、対象とした資料は木・鉄複合製の鉋である。当該資料は海水損後、約50日を経て他の民俗資料とともに岩手県陸前高田市立博物館から救出され、2011年8月から11月にかけて固着した土砂のドライクリーニングが施された。その後1年強が経過した2012年10月から、以下の手順に従い安定化処理を施した。白色および黒色を呈するカビが発生した資料を400ppm次亜塩素酸ナトリウム水溶液に30分間浸漬処理し、菌を殺滅した。次に15分間超音波洗浄処理を施したところ、処理後の木部表面には、双眼実体顕微鏡下でも土砂の固着はみられなかった。資料を4ℓの水道水に浸漬し、24時間毎に水を交換する作業を、脱塩液の電気伝導率および塩化物イオン濃度が水道水と同程度になるまで繰り返した。その結果、体積500㎤程度の鉋については概ね3週間で脱塩が完了できた。この方法により、残存状況が良好で、海水損後1年以上を経過した鉄・木複合民俗資料に対し、効率的に安定化処理を施し得ることが確認された。鉄をはじめとする金属部を伴う資料については、以上の措置を施した後、表面に新たに析出した不安定な錆をワイヤーブラシ等で除去し表面をクリーニングした後、アクリル樹脂（パラロイドB72）アセトン溶液(5～7%)を複数回塗布して錆化の進行の抑制を図った。

3. 形態および使用痕の保持に留意した安定化処理方法

海水損した民俗資料を安定化処理するうえで克服すべき重要な技術的課題として、木部の変形防止と使用痕の保持が挙げられる。海水損した紙製資料に対する安定化処理の過程で除菌のためにしばしば使用する次亜塩素酸ナトリウム水溶液(600～800ppm)により、煤や油などの使用痕が喪失する危険性がある。さらに、使用痕を有する木製の民俗資料をそのままの状態で長時間にわたり脱塩処理した場合、浸漬後の自然乾燥過程で変形や断裂を招く恐れがある。この問題に対処するため、救出後自然乾燥した木製資料に、次亜塩素酸

ナトリウム水溶液を用いる代わりに、くん蒸を施し殺菌した後、資料表面を石膏で覆い、脱塩から乾燥までの一連の処置を施した。その結果、資料の形態を保持し、使用痕を失うことなく十分な除菌・脱塩ができることが確認された。

4. 簪の安定化処理と修復

安定化処理および修復対象とした資料は、お姫様簪4点、ビラビラ簪6点である。大工道具や漁撈用具をはじめとする他の民俗資料と共に救出され、同様にドライクリーニングが施されたが、その後2年間放置された間に劣化が進行した。数十μm厚の金属薄板を花型等に加工した簪は、いたるところに泥や細砂が固着し、水色や緑青色の錆、資料の歪み、折損、および割損も見られた。加えて、ビラビラ簪の板状垂れ飾りやお姫様簪の鉄製部位等には、被災前に補修した痕跡も認められた。

製作に使用された素材を推定するため、処理作業に先立ち、5点の簪からそれぞれ錆をサンプリングし、蛍光X線分析に供した。5試料全てからCu、Znが、また1点を除く4点からClが検出され、簪は真鍮を用いて製作されている可能性の高いこと、相当量の塩分が混在していることが判明した。錆の除去は、筆やメスによる物理的方法とキレート剤による化学的方法を資料の状態に応じ使い分け、安定化処理過程で資料に損傷を与えることがないよう細心の注意を払った。キレート剤の使用に当たっては予め真鍮板および採取した錆片で予備実験し、資料表面の色調に影響を与えることがない薬剤を選択した。薬剤処理後は資料を精製水で洗浄し、洗浄液のpHおよび塩分濃度が精製水とほぼ同じ値になるまで洗浄を続けた。クリーニング・脱塩処理を効率的に進めるため、損傷個所は和紙やたこ糸で養生し補強した。上述した安定化処理手順を整理すると①～⑤となる。なお、この操作を資料の損傷状況に応じ1～3回繰り返した。

①刷毛や筆で表面をクリーニング　②双眼実体顕微鏡下で筆やメスを用い柔らかい錆の除去
③EDTA2Na又はEDTA3Naの5%水溶液に5分間浸漬　④超音波洗浄器で5分間洗浄。精製水を換えながら最低3回洗浄を繰り返し、使用薬剤を除去　⑤双眼実体顕微鏡下で軟化した錆を筆やメスで除去。

上記の①～⑤を終了後、再度双眼実体顕微鏡下で細部を確認しながら、綿棒を用い表面をクリーニングした。垂れ飾り等非常に脆弱な薄片状の金属部位は和紙で、額当て等の比較的厚い部位はガラス繊維で裏打ちし、エポキシ樹脂で強化した。剥離個所はエポキシ樹脂で接着、欠損個所はエポキシパテで復元しアクリル絵の具で古色仕上げした。最後に全体の形を整え、修復を完了した。

5. まとめ

2、3および4で述べた方法により安定化処理および修復を施した民俗資料の一部について、平成25年1月から平成26年3月まで、岩手県立博物館、昭和女子大学光葉博物館、江戸東京博物館の3館を巡回した展覧会「2011.3.11平成の大津波被害と博物館 ―被災資料の再生をめざして―」において、劣化進行を抑制しつつ公開することができた。これにより、前述の処置を施した資料については、処置完了後一年が経過した後も博物館資料として利活用可能であることが確かめられた。但し被災した民俗資料の中には、これまでに述べた方法を適用できない資料が相当数存在する。これらの資料についても再び博物館資料として活用することを目指し、新たな安定化処理の方法論構築に努めていきたい。

［参考文献］

・『岩手県における東北地方太平洋沖地震被災文化財等の再生へ向けた取り組み―被災から3年目における成果と課題―』岩手県立博物館　2014年　・「被災大工道具の安定化処理方法について」目時和哉他　『岩手県立博物館研究報告30』2013年　・「使用痕を有する被災木製民俗資料の安定化処理方法」目時和哉他　『岩手県立博物館研究報告31』　岩手県立博物館　2014年　・『腐食・防食ハンドブック』　社団法人腐食防食協会編　丸善　2000年　他

専修学校における保存修復教育の一例

－文化財の保存と活用についての実践教育－

An Example of Conservation Education in a Vocational School
- Practical Education on Conservation and Utilization of Cultural Heritage -

伊藤久実・小野慎之介・石井美恵・○松田泰典（東洋美術学校）

1. はじめに

東洋美術学校保存修復科（以下、本科）は、2年制課程を経て、2009年に正式に開設された、文化財保存修復のためのスペシャリスト育成を目的とする4年制の専門教育コースであり、実践的な職業教育・専門的な技術教育を推進してきた。本科は、講義と実習を通じて、文化財の保存修復についての理論や倫理を理解し、保存科学を含めた保存技術を習得できるカリキュラムを具えている。1年次から4年次までの課程では、美術作品や文化財の入門、文化財の概念や価値、保護継承の意義、材質・構造や製作技術、劣化要因や機構などへの理解を端緒とし、保存修復の基礎知識と技術の習得を経て、実際の文化財への応用レベルに至るまで段階を踏んで昇り、最終的には卒業研究でさらに深化させ、卒業後における各種現場への適応力の養成に努めてきた。

洋紙・文書・油彩画・日本画・染織品・木製品などの様々な分野における保存修復を学び、多くの経験を通して自分の方向性を決定できるように指導しており、一人一人が各分野の保存修復実習を経験することによって、様々な実務に対応できる能力を養うことを狙いつつ、分野を横断し柔軟で自由な発想を持った人材の育成を目指している。

保存修復の現場において、処置の対象となる作品・資料は一様でなく、その方法は常に個別の対応となる。そのため実習では、各分野の保存修復技術を段階的に習得しながら、学生自らが保存修復方針・方法を立てられるよう指導している。こうした保存修復の実習に加え、作品の保存のみならず展示活用への意識喚起と実践を課題にした授業を展開し、能力開発に効果を上げた。

本発表では、カリキュラム編成における専修学校の利点とその実習形態に言及し、実践教育の具体的事例として3年次の「染織品修復実習」を採り上げ、実際に作品調査から展示保存までをテーマとしている実習の一部を紹介する。

2. 専修学校の利点：カリキュラムと実習形態

カリキュラム編成に自由度をもつ専修学校の利点を生かし、実習を重視している点は特筆すべきであろう。本科では、カリキュラムの8割を実習（演習）とし、1日6時間の実習時間を組み込んでいる。多くの実習では、専門技術者を講師に招き、少人数制（平均6～8人）で学べるよう配慮している。さらに治療保存を趣旨とする保存修復実習では「日本画修復」「油彩画修復」「文書修復」「洋紙修復」「染織品修復」「木製品修復」の6分野について、保存修復対象となる美術作品や文化財資料（以下、資料）を通して、それぞれの分野での保存修復のコンセプトや倫理、知識や技術を習得させている。各実習は、集団が同じペースで作業が進められるよう、実習用資料の素材や劣化度にも考慮しつつ、調査・記録、分析・診断、保存修復計画策定、修復作業の実施、事後評価など講師とともに進捗状況を確認しながら授業運営している。

さらに博物館・美術館などにおける保存修復では、現場での保存修復業務以外に、資料を活用するに当たっての取り扱いや展示環境などの安全管理も専門家の重要な実務である。とりわけ染織資料は、素材・製作技術、劣化状態など多種多様で、資料の取扱いや展示方法にも豊富な経験を必要とする。そこで次章で述べる「染織品修復実習」では、適切な保存修復技術の習得と並行

して、保存修復専門家として要求される調査・記録から展示保存に至る一連の実務に的確に対応できるような能力開発、すなわち思考や行動に意識を向けた実践教育をおこなった。

3. 染織文化財の保存修復専門家を育てる実践教育

「染織品修復実習」（3 年次）では、染織資料の保存修復へのアプローチ（理論・倫理）を学び、染織文化財の専門家として博物館・美術館の現場でのニーズへの適応力を体得させるため、「ロール・プレイ」による実践的な実習を繰り広げている。実習用資料（古裂）は仮想的に「染織文化財」として扱うことが要求され、資料のハンドリング・移動に始まり、実習中は常に「なぜそうするのか」「どうしたらリスクを回避できるか」など、一つ一つの所作に意識を向け、考えて行動するように指導している。

Fig.1 展示台（クッションマウント）作成、接着剤についての検討

学生各自が 1 点ずつ担当した実習用資料は、それまでの基礎実習とは異なり、大きさ・素材・劣化状態が区々であり、専門家のロールとして、収蔵方法の見直しと文化財としての活用を前提とした展示の具体化が一人一人に課せられた。実習全般において、「予防保存」をメイン・コンセプトに据え、作品の継続的な活用と管理を念頭に、学芸員への聴取やディスカッションを通して保存修復全般の方向性や作業計画を決定した。学生は、2 年次までに学んできた知識や経験を通じて、それぞれに必要と判断した調査や記録方法を選択し、方針に向かって保存処置を行った。さらに活用としての展示が可能か、またどのような展示方法が適しているか、展示に使用する材料等も検討した。(Fig.1・2)。最終的に、計画していた通りに展示を実施し、一連の工程を終了するとともに、評価をおこなった（Fig.3)。

Fig.2 資料縫付のための糸撚り

このように自分たちが保存修復した実習用資料を「文化財」として取り扱い、これらの展示活用までを実習に組み込むことで、適切な保存修復処置への理解や体得に留まらず、博物館・美術館などの現場で求められる意識や行動を実体験することにより、様々なニーズへ対応できる基礎的かつ発展的な能力を養成することができた。

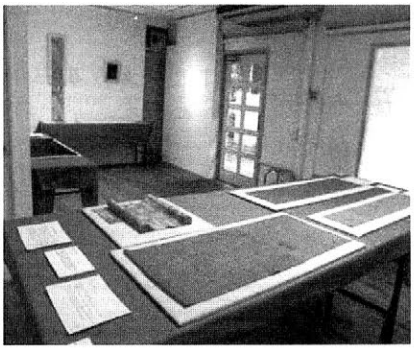


Fig.3 展示の様子

4. まとめ～実践教育の課題

本科は、保存修復に従事するスペシャリストの育成機関として、上述のような保存修復・保存科学の具体的な知識や経験を積めるような講義や実習から成るカリキュラムを展開している。中核をなす実践教育は、文化財を守る専門家への入口として不可欠であり、また博物館・美術館の実務と直結する経験を与え、能力開発する機会として重視してきた。

専修学校の利を生かし、実習時間に多く時間を割いてはいるが、本科課程で体得できる内容には限りがある。新しい技術や他分野における知識を求めて、学生が自ら学び自身で判断できる経験や場を得ることも必要である。そのためには、学外での活動機会の提案や外部機関との連携の充実を図り、さらに実践的な経験が積めるような機会を提供することが今後の課題である。

テラヘルツ波透過および反射分光による土器の非破壊検査
Non-destructive inspection for earthenware by terahertz wave transmission and reflection spectroscopy.

近藤 啓司(千葉工大工)、○水津 光司(千葉工大工)、山本 直人(名古屋大文)、

1. はじめに

テラヘルツ波とは周波数帯にして約 0.3 THz～10 THz（波長 1 mm～30 μm）の電磁波のことを指し、図 1 に示すように電波と光波の中間領域に位置する。電波的な物質透過性を有する最短波長域にあり、様々な物質を透過する性質を持つと同時に、光の直進性を持つ最長波長域であるので、取り扱いが便利である。また、多くの物質がテラヘルツ帯において分子間力等に起因する特徴的なスペクトル構造（指紋スペクトル）を有するという性質を持つ。テラヘルツ波は、良質の信号源や光源の開発が難しかった事や、テラヘルツ波が電子デバイスの動作上限周波数に近いことなどから、他の光波や電磁波に比べ未開拓の領域であった。しかし、近年の科学技術の発展により、コンパクト・常温動作可能なテラヘルツ波光源が実現されはじめ、基礎科学・産業応用の両面でこの領域を開拓していく動きが急速に展開されつつある。本研究ではテラヘルツ波の透過性およびスペクトル情報取得能力に着目し、考古学試料に対する非破壊分析応用の検討として各種土器に対するテラヘルツ分光を試みた。

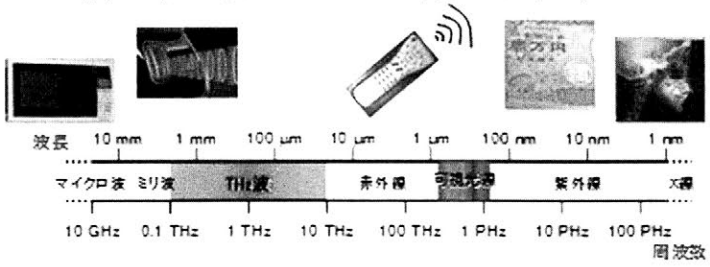


図 1. 様々な電磁波周波数帯とその名称

2. テラヘルツ時間領域分光法

本研究では、フェムト秒レーザーを励起光源とした光伝導アンテナによるテラヘルツ時間領域分光法（THz-TDS：THz-wave Time Domain Spectroscopy）を構築する。光伝導アンテナは高抵抗半導体基板上（低温成長 GaAs）に作られ、その構造は平行伝送線路とそれの接続アンテナとからなり、中央に小さなギャップが存在する。この光伝導アンテナは、テラヘルツ波の発生と検出を同時に行える。テラヘルツ波発生部では、ギャップにレーザーパルスを照射すると、半導体中に自由キャリアが生成され、それが印加電圧によって駆動され、パルス状の電流が流れる。この電流の時間変化に対応してテラヘルツパルス波が発生する。一方、検出部では、照射されたテラヘルツ波の電界によって自由キャリアが駆動され、テラヘルツ波の振幅に比例した微弱な電流パルスが流れ、これを電流計により測定することにより、テラヘルツ波の電界振幅を測定することができる。これらのプロセスより、THz-TDS と呼ばれる分光が可能となる。即ち、フェムト秒レーザーパルスを 2 光路に分割し、ポンプパルスを発生部へと導きテラヘルツ波を発生させ、プローブパルスには時間遅延を与えた上で検出部に送ると共に、

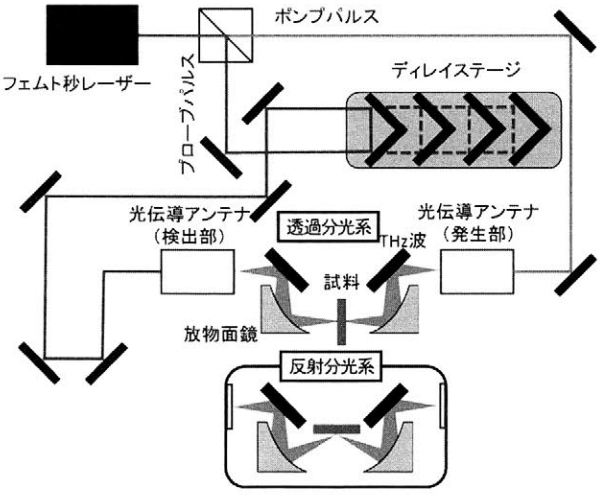


図 2. THz-TDS 実験系

テラヘルツ波を同時に入射しその振幅を計測する。両者の間の時間遅延をディレイスレージにて変化させると、パルス波形の各部分を順次操作する形で測定が進み、元のテラヘルツパルス波形を再現できる。このようにして得られた時間波形に対し高速フーリエ変換の処理を施す事でスペクトルを導出できる。THz-TDS は広帯域でコヒーレントな分光測定が可能であり、テラヘルツ電界の時間波形を直接測定するため、電界の振幅強度と位相情報を得ることができ、複素屈折率の情報を一度の計測で取得出来る。さらに、この方法は常温測定にもかかわらず、高い信号対ノイズ比で測定できるなど、多くの優れた特性を有している。本研究で構築した実験系を図 2 に示す。

3. 土器のテラヘルツ分光

土器は、原材料である粘土によって主成分の構成比が変化し、焼成条件によって主成分の結晶構造が変化すると考えられる。一般に、縄文土器は粘土の品質が悪く、低温焼成による素焼きであるため、分厚い、脆い、表面が赤褐色という特徴を有する。しかし、時代を経るごとに粘土の品質が改善され高温焼成が可能になる。よって、弥生土器、土師器は素焼きであるものの薄い、硬いという特徴を有する。また、須恵器は窖窯を用いて焼成されているため、粘土内の酸素が奪われ、青灰系統の色合いであると共に、なかには自然釉を生成して表面がガラス化しているものもある。テラヘルツ波は、測定対象の結晶構造に起因した特異な吸収スペクトルを有する。このため、土器の構成要素である酸化物微結晶の成分や結晶構造に違いがある場合、吸収係数も変化するため、粘土の違いや、焼成条件の違いを非破壊で判別出来る可能性が在る。かつ、テラヘルツ波の波長は光に比べ 2 桁程度長くサブミリメートルのオーダーであるため、土器表面の凹凸による散乱の影響を在る程度抑制できる。

4. 土器の透過分光と反射分光

本研究ではまず、テラヘルツ波による土器の透過分光を行い、縄文土器、弥生土器、古墳時代の土師器、須恵器の比較から時代の違いによる吸収係数の差異が見られるか検証を行った。図 3 に示すように、1 THz までの範囲で吸収係数が得られ、各時代で差異が見られたが、特徴的な吸収スペクトルは得ることができなかった。しかし、散乱の影響は回避できたため、赤外線分光では測定が困難な小さな粒径で構成された土器でもテラヘルツ波によって測定できる可能性が示せた。そこで、より高周波帯での情報を得るため土器の反射分光を行った。ここでは、図 4 に示すように、年代ごとに吸収係数に差異が現れ、かつ特徴があることがわかった。これらの情報の出現は、フォノン（ここでは格子構造を構成している各素子を指す）の細かな振動による差異が見られることに起因しているものと考えられる。よって、土器の非破壊計測の可能性を示せた。

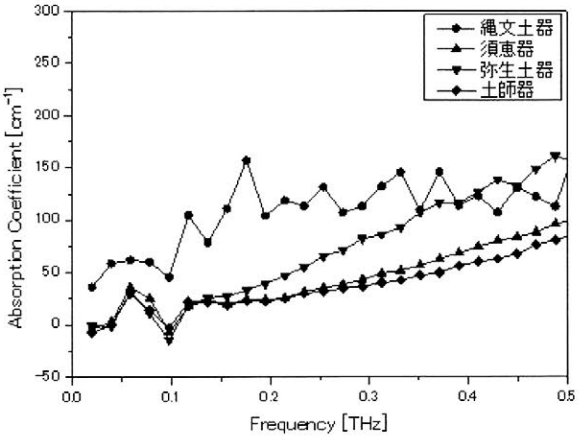


図 3. 透過分光での同時代測定

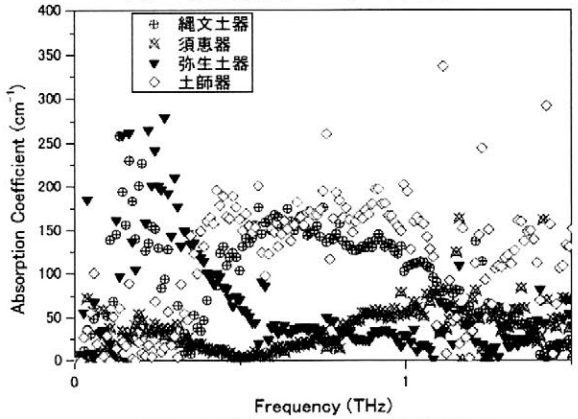


図 4. 反射分光での各時代測定

今後は、より広帯域のテラヘルツ波の実現を行い、分光の精度を高める。また、考古学的な知見との相関関係を検証しつつ、他の理化学分析の土器成分の分析手法との相互比較により、テラヘルツ分光で得られた情報の物理的な意味付けを行うと共に、非破壊解析手段としての有用性を検討していく。

環境教育手法を取り入れた古文化財教育事例報告
：奈良県明日香小学校での出前授業
Report on lesson of archaeological science study using method of environmental education

○下岡順直（立正大）・本庄　眞（明日香小・大阪府大）・野口　淳（明治大）
○ Yorinao Shitaoka (Rissho Univ.), Makoto Honjo (Asuka Elementary School, Osaka Prefecture Univ.), Atsushi Noguchi (Meiji Univ.)

1　はじめに

奈良県明日香小学校では総合的な学習として「あすか科」を設定し、明日香の地域性を生かした年間計画を基に実施している（本庄 2013）。6 年生においては、「観光ボランティアガイド」を計画し、明日香の史跡について観光客や修学旅行で訪れた小学生に観光ガイドを行う。その事前学習として、文化財行政、寺院、観光ボランティア協会から講師を招き、「人との出会い」の中からより地域にかかわりを持ち「行動化を促す」。さらに学習活動では、「自分とのかかわり」を持たせるため、「現場に立って」見えてくる気づきや疑問を大切にするようにする。そして、これらすべてにおいて「ふりかえり」作業を行うことで、省みるだけではなく、これからどのように生かすべきかについて考える場とする。これらは、環境教育の手法の 1 つであり、地域環境を理解し、主体的に関わろうとする意志を育む。そして、子ども達にとって、どんな地域環境に育ったのかが、その後の子ども達の思考にも大きく影響を与えると考える。また、持続発展可能な地域社会を形成する上でも重要になるだろう。

上記の背景の下、2013 年 10 月に明日香小学校 6 年生を対象に、筆者らがパキスタンで実施した砂漠地域における年代測定用試料採取およびフィールド調査の事例について出前授業の形式で話をする機会を得た。本ポスターにおいて、その事例を報告する。

2　出前授業

授業は 45 分で実施した。調査対象とした埋蔵文化財は旧石器時代の遺物であるため、授業冒頭約 15 分を使用して平成→昭和→大正と時代を遡ることで、どのくらい古いのかという時間的概念を児童にイメージさせた。実際、限られた時間で話題提供を行うのに対して、時間的概念の確認作業はあまりにも時間を要した。しかし、どのくらい古いのかということを児童に理解してもらわなければ、話をしても全く無意味になると筆者らは考えた。児童の「学習記録」からは、一万年よりも古いという時間スケールがある

程度認識するに至ったことを確認できた。その後、残り時間を使って、パキスタンでの調査風景やどのような目的で作業を行ったのか、研究の意義について、写真や地図を用いて説明した。地図も世界地図を利用して、日本からどのくらい遠いかを示すことは、空間的概念をはっきりするために必要であった。さらに、肝心の埋蔵文化財については、写真の中で見るだけでは二次元的なとらえ方しかできない。そこで、貴重な遺物（表採資料）ではあるが、いくつかの石器について直に触らせることで、石材の感触や石の割れ方などを感じさせることを行った。児童の「ふりかえりメモ」でも、本物の石器を触れたことに関する感想がいくつも挙げられていたことは、学習効果があったと考えられる。さらに、石器に触れることから話に引き込まれたというコメントもあり、一辺倒にする話し方の難しさを筆者らが児童より学ぶことになった。

調査以外にも、現地の食事風景や景色などを写真で紹介した。児童の「学習記録」では、現地のカレーは辛いのかなど、児童らしい疑問も挙がっていた。その他、モヘンジョ・ダロでは、塩害によって遺跡のレンガが崩壊している現場を紹介した。外国では発掘された遺跡は埋め戻されずそのままの場合が多い。これに対して、明日香では必ず埋め戻され、いつでも遺跡を目の当たりにすることは難しい。遺跡の保存と公開という両方の立場から、埋め戻すべきかどうかについても児童の「学習記録」にメモが残されており、自分たちとの「かかわり」を通して遺跡を比較して見られる機会になったことは、意義深い。

3　おわりに

総合的な学習の時間を利用して、埋蔵文化財に関するフィールド調査の事例について出前授業を行った。そして、児童は「自分とのかかわり」を通して身近な歴史と外国の歴史を比較し、「ふりかえり」行為によっていろいろと考えたことがわかった。出前授業でも、ただ話をするだけでなく、環境教育の手法を取り入れることで、より多くの学習効果が挙げられることがわかった。さらに、出前授業という機会を通じ、児童にとって「人との出会い」が次なる学習意欲に生かされることを期待したい。

謝辞：明日香小学校6年生の皆さんには、出前授業でお世話になった。記して感謝申し上げます。

参考文献：本庄　眞（2013）「自分とのつながり」を通して考えられる人をめざして（2）−児童による観光ボランティアガイドの活動を通して−、日本環境教育学会関西支部第22回研究大会

高等学校日本史における「文化財科学」の教材化と授業実践

The Development of Teaching materials and Teaching Practice about "Cultural Properties Science" in Japanese History for high school

○難波道成(東京都立荻窪高等学校)
○Michinari Nanba (Tokyo Metropolitan Ogikubo High School)

1. はじめに

高等学校の教育課程において「文化財科学」に関わるテーマを教材として設定できるか？また実際の授業でどのように活用できるか？教材作成→授業実践の手続きを通じて検証した。

2. 高等学校の教育課程と「文化財科学」との接点をふまえた授業テーマの検討

『文化財科学の事典』「まえがき」に"「文化財科学」の扱う範囲は広い。・・・つまり、人文科学、自然科学、社会科学の 3 極構造をもった学問分野ということになる。・・・"[1]とあることをふまえると、高等学校の教育課程の基準となる学習指導要領[2]にも多くの接点が見いだされることが予想される。一方、筆者は、現在実施している授業の枠組みの中にその接点を見いだし、教材化及び授業実践を行いたいと考えた。これを前提に、筆者が勤務校において担当する「日本史 B」を、前述の課題に取り組む場として設定した。また、生徒の実態、授業内容及び進度を考慮に入れ、単元名「古代国家の形成と東アジア」[3]の次に「記録もないのになぜ分かる？」というテーマで教材を作成し、1 時間の授業を実施した。具体的には放射性炭素 14 年代測定の学習を中心とした内容である。テーマ設定の理由として、実際に使用している副教材[4]に「歴史資料の分析」という項目で触れられているため、授業の導入が自然であるということと、学習指導要領内での以下の項目を意識したということが挙げられる。

・「日本史 B」の「内容」[5]内に「遺跡や遺物、文書など様々な歴史資料の特性に着目し、資料に基づいて歴史が叙述されていることなど歴史を考察させる基本的な方法を理解させ、歴史への関心を高めるとともに、文化財保護の重要性に気付かせる。」とある。

上記の内容をふまえ、たとえば「土器についた"おこげ"や、建物の柱などに着目し、何年前のものかを明らかにする手続きがあるということ」や、そこから発展して、「ひとつの遺物は様々な情報を含んでいて、貴重なものであるということ」などを認識させる機会として今回の授業を位置づけた。

3. 教材作成と授業実践-ICT 機器の活用-

教材の作成は PowerPoint で行い、学校に配備されているタブレット PC とプロジェクターを活用し、授業を実施した。筆者担当の「日本史 B」では通常このスタイル(PowerPoint＋対応プリント)で授業を実施している。生徒も「普段どおり」の感覚で授業を受けていた。

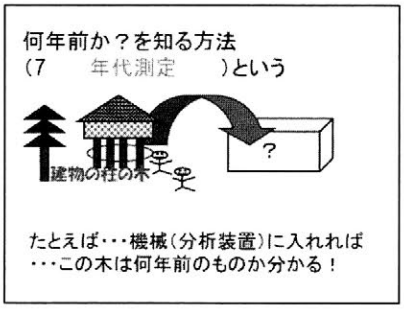
ICT 機器の活用によって、生徒に多様な画像を提示したり、その「見かた」に関する説明(ヒント)などを与えたりすることが容易になる。たとえば(紙ベースでの)屏風絵の写真を見ながら「気づいたことを挙げてみよう」との問いかけに「どこから見ればいいのか？」と、戸惑ってしまう生徒も多い。このようなときに「待つ」だけではなく、ささやかなヒントや関連情報を同時に提示することによって、スムーズな思考の流れを促すことができる。また、博物館や文化財に関する情報を適当なスタイルで、授業内へ導入すること[6)]も可能である。

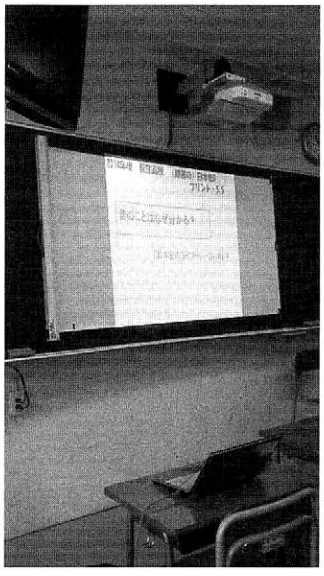
実際の授業は前述のスタイルで、「何年前のものや出来事が、記録もないのにどうしてわかる？」という導入に続き、「年代測定」について、中でも「炭素 14 年代測定法という手法」とその概要(同位体、放射性壊変、半減期など)の解説が中心となった。最後に実際の遺物への適用例やその他、「年輪年代測定」などにも触れ、1 時間(＝45 分)の授業を終えた。

生徒の反応としては、「歴史」の時間なのに「理科」の内容を学んでいるという「違和感」が見てとれた。一方で、「教科書に書かれている記述は、何らかの手続きを経てそこにある」という認識も全体的にはなされたように感じられた。

4. まとめ

今回の授業は一つの事例に過ぎないが、「文化財科学」に内包されるテーマには高等学校の教育課程においても、特に「教科横断」的な切り口から教材となりえる多くの可能性があると感じた。





1)馬淵久夫・杉下龍一郎・三輪嘉六・沢田正昭・三浦定俊編(2003)『文化財科学の事典』i－iii
2)高等学校学習指導要領(平成 21 年 3 月告示)文部科学省
3)使用教材:『高等学校日本史 B 改訂版』清水書院
4)使用教材:『日本史のライブラリー』とうほう
5)高等学校学習指導要領解説　地理歴史編　(平成 22 年 6 月)文部科学省
6)難波道成(2014)「教室から見た近世日本の「四つの口」-ICT を活用した歴博資料の教材化-」『学校と歴博をつなぐ-平成 24・25 年度博学連携研究員会議実践報告書-』国立歴史民俗博物館

小豆島におけるパブリックアーケオロジーの実践と教育・普及効果について
About the education and dissemination effect in Public Archaeology at Shodoshima-island

○福原啓介(NPO 法人人文社会調査研究支援機構)、岸田 徹(同志社大学文化遺産情報科学研究センター)、川宿田好見(小豆島町)、湯佐安紀子(同志社大学文化情報学研究科)

1. 学術成果の公共性の担保

特定非営利活動法人人文社会調査研究支援機構 (NPO Service Organization for Creating Advanced Humanities：以下 SOCRAH) は、高度に専門化した学術研究成果と、行政的なアウトリーチ政策との狭間にある文化財研究・行政の中で、ヘリテッジ (Heritage) としての本質である地域資源化という“実際”とを連結する目的で、産官学民の協力を得ながら設立されたNPO法人である。本法人では、2013 年度に小豆島町ならびに同志社大学と連携し、学術成果 (天狗岩丁場・天狗岩磯丁場測量・潜水調査およびシミュレーション研究) と行政的地域文化資源共有化アウトリーチ (小豆島町「東瀬戸内文化圏「世界遺産化」対策室事業」) とを連携するパブリックアーケオロジーを実践した。また、その教育普及効果に関し、SOCRAH としての考察と検討を深める。

2. 文化ツーリズム事業の実践

本事業は、小豆島町と同志社大学が共同調査を進めている、小豆島東海岸一帯の「国指定史跡大阪城石垣石切丁場址」に関し、①その存在の学術的内容を地域資源化すること、②その実在を島民だけでなく、広く島外の来訪者にも知らしめること、③その知に関する現状の社会調査実践と方法の検討という 3 つの目的で、文化ツーリズム事業を企画し、2013 年に実施した。

Fig.1 住民参加のガイディング・広報

Table.1 参加者集計

ガイド時間	参加人数			平均人数		
	バス	自家用	計	バス	自家用	計
10:00	56	64	120	2.8	3.2	6
11:00	34	49	83	1.7	2.5	4.2
12:00	65	93	158	3.3	4.7	8
13:00	25	90	115	1.3	4.5	5.8
14:00	71	82	153	3.6	4.1	7.7
15:00	15	79	94	0.8	4	4.8
計	266	457	723	13.5	23	36.5

※単位(人)

まず、②と③を実践するため、来訪者が比較的多い期間を事業実施期間とした。瀬戸内国際芸術祭 2013 の会期に合わせ、2013 年 7 月 27 日 (土) ～9 月 1 日 (日) と 2013 年 10 月 5 日 (土) ～11 月 4 日 (月) の土日祝で開催した。また、③については、その情報集積のため、ツーリズム参加者に社会調査アンケートを実施し、その成果をまとめた。①については、具体的なツアーの実施に際し、受付を地域の公民館事業とし、また、実際のマイクロバス運行を町民の協力により運営することで、ツアー参加者が地域住民の地域住民による文化景観の解説と理解に触れる機会を創出した。また、学術的内容の解説、ガイディングには SOCRAH 会員と町職員、同志社大学スタッフが当たり、ツアー中の住民のガイディングとの調整を行いつつ、運営した。

結果 (Fig.2) では、島内より島外から、また想定された世代より若年世代の参加者が多く、その満足度も高い結果がわかった。こうした結果を受け、ガイディングに参加した住民ならび

に、行政と SOCRAH は、地域住民の若年世代を中心とした知の活性化、共有化を進めるべく、2014 年度には島内住民を中心としたガイディングの講習や地域知の共有化事業の計画を進めている。

3. 小学生親子を対象とした非破壊調査体験事業

２の事業を通じ、島内における地域文化遺産に関する知の共有化が若年層に深化していないことを考慮し、さらなる事業展開として、小学生とその親世代（20 代～30 代）を対象として、調査体験を通じた地域文化資源の共有企画を実施した。本事業は、同志社大学文化遺産情報科学研究センターの協力の下、文化財の非破壊調査に関する方法を体験してもらいながら、文化財の保存や保護、総合的な理解を深化させることを理念とした。

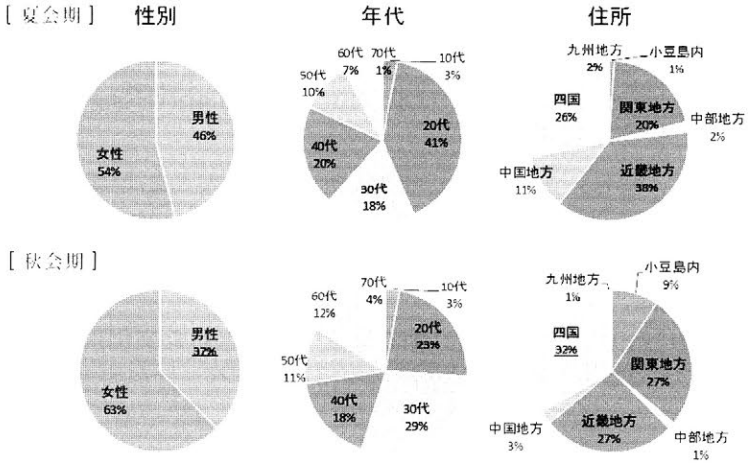


Fig. 2　社会調査アンケート結果（参加者属性）

Fig. 3 亀崎海岸における探査体験

Fig. 4 町主催学術シンポジウム

まず、参加者には文化財非破壊調査について知ってもらい、その中で実際に金属探知機（K7102）の電子工作を行った。さらに、作成した探知機を亀崎海岸（天狗岩磯丁場隣接）に搬入し、実際に遺物に見立てあらかじめ埋設した金属板を探査してもらい、文化財探査調査の擬似的体験を実施した。多くの参加者にとって、地域の海岸に国指定史跡があることに関する発見があったことと同時に、文化財の保存や保護、地域の財としての文化遺産のあり方、文化財探査の経験など体験を通じた知の共有化が実施できたことは、将来における地域の文化財、ヘリテッジとして共有化する世代の拡散につながると考えている。

4. 教育・普及効果と問題の所在

文化財を中心とした地域の知の共有化の問題は、上記の事業を進めた小豆島町においては、行政のアウトリーチが活発（Fig. 4）で地域的要請があることに反して、一方で島民人口の減少に歯止めがかからず、多様な文化（特に無形文化財）が消失の危機に瀕していることが、小豆島町「世界遺産化」対策室の調査によって明らかとなっている。現存する多くの文化財が真の意味で文化遺産として地域知を形成しておらず、一帯としてサステイナブルな文化景観を保持出来ている現状ではない。文化財を文化遺産として地域資源とするアウトリーチは、高度な学術的・文化的価値の共有だけでなく、それを社会アイデンティティーあるいは社会スキーマとする具体的実践が不可欠であり、それには学術や行政だけでなく、産業や NPO など多様な実践主体が協業する様式が求められるといえる。

※なお、http://www.town.shodoshima.lg.jp/oshirase/tyoutyou-semi/PDF/140602isinobunka6.pdf ではツーリズム事業報告が参照可能

環瀬戸内海地域における文化多様性と学校教育の現状と課題
Present of cultural diversity and school education in Seto Inland Sea district

○福原啓介(NPO 法人人文社会調査研究支援機構)、
山口雄治(岡山大学埋蔵文化財調査研究センター)、津村宏臣(同志社大学文化情報学部)

はじめに

瀬戸内海沿岸地域は、“海を共通の背景とした文化景観”が一様に展開するのではなく、各地方で実に多様な文化・社会景観を持っていることが大きな特徴である。申請者らはその歴史性を探るため、考古・歴史学研究を通じて沿岸域遺跡や集落調査を実施し、文化多様性が「縄文時代」に拡大していくことを明らかにしてきた（山口ほか2012)。しかし、現在の歴史・文化教育では「縄文時代」が日本固有の特徴ある文化であることを教える一方で、その中での“多様性”や環境との関わり方、地域文化の豊かさについて教えるカリキュラムになっていない。世界的にもけうな豊かな“多様性”を育んだ瀬戸内海の特徴を単なる地域性としてだけでなく、自分たちの文化基層として理解する教育は成熟しているとは言い難い。本報告では、瀬戸内海沿岸地域の文化多様性と教育の現状について、小学校を中心としたアンケート調査や社会調査、並びに文化財に関する調査成果をもとに、その課題と展望について議論したい。

1. 大規模社会調査の準備状況

NPO 法人 SOCRAH では、瀬戸内海沿岸地域の文化多様性と教育の現状評価に際し、大規模社会調査とイベントを通じた食育を具体的な企画案として提示している (Table. 1)。SOCRAH (2014) の小豆島町における文化ツーリズム報告でも明らかなように、瀬戸内海周辺域における若年層の文化景観が、瀬戸大橋、淡路大橋、しまなみ海道などの開通によって、島嶼域としての瀬戸内海というイメージが希薄になりつつある現状が確認される。

Table. 1　本プロジェクトの企画計画

2014 年 4 月～5 月	瀬戸内海沿岸地域，教育委員会アンケート・社会調査 （郷土史，風土，地域史教育活動調査）
2014 年 5 月～6 月	アンケート・社会調査結果評価
2014 年 7 月	郷土史教育機構情報共有化シンポジウム （瀬戸内海の郷土史，文化力連携サミット）
2014 年 8 月～9 月	香川県・岡山県の小中学生を対象としたアンケート調査 （地域，郷土の歴史，食に関する意識調査）
2014 年 9 月～10 月	アンケート結果の分析，評価 ― 調理師・管理栄養士の協力
2014 年 11 月	調理師・管理栄養士アンケート・社会調査 （歴史的素材，環境，風味，等のアイディアコンペティション）
2014 年 12 月	関係者企画会議 瀬戸内豊食知フェスタ開催 調査結果の公表 調理師などのアイディア料理試食 学芸員による調理具作成，ならび火おこし等の実演　等

SOCRAH では、そうした地域教育の 1 つの核になる部分として、地域史に根ざした食育という方向性を検討した。公共性や公益性を保証する文化資源教育において、物件指定された文化財の解説や、パブリックアーケオロジー、ツーリズムなどでの受益対象が、特定世代ないし、特定分野に関心のある対象者に限定的にならざるを得ない現状を打開する試みである。地域の無形文化遺産としての“食”に関し、従来の郷土料理の定義「それぞれの地域独特の自然風土・食材・食習慣・歴史文化等を背景として、地域の人々の暮らしの中での創意工夫により必然的に生まれたものであり、家族への愛情や地域への誇りを持ちながら作り続けられ、かつ地域の伝統として受け継がれてきた調理・加工方法による料理」（農林水産省 2007）の背景に、いかに地域文化資源を結びつけ、かつ、受益対象者の公益性を担保するかが活動の成否に結びつくと考える。現在、瀬戸内海沿岸域における都道府県、教育委員会、小中学校の“食”に関する調査を進めている。

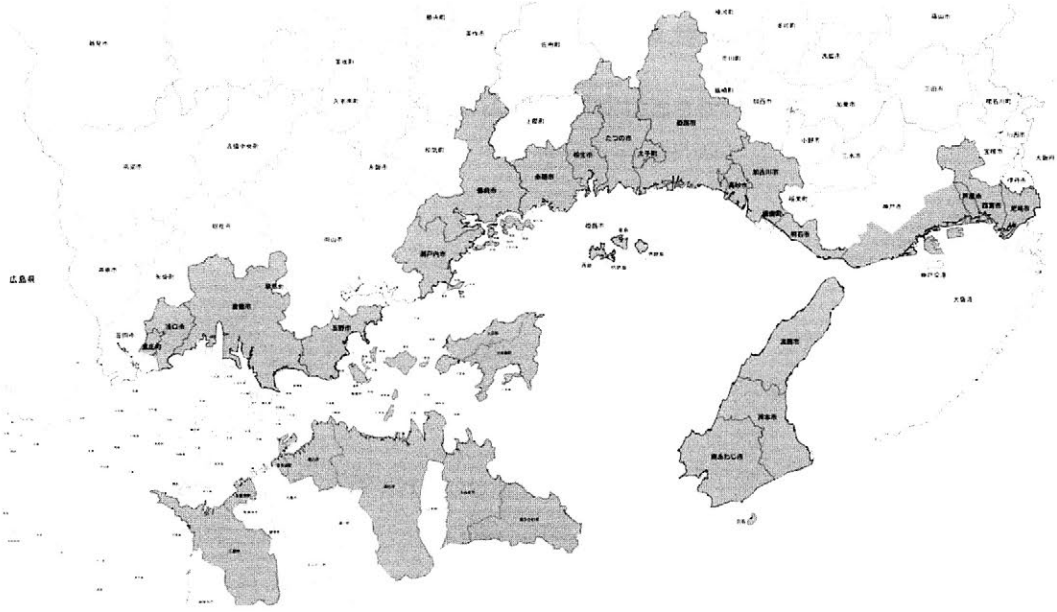


Fig.1　企画・活動対象範囲

大規模社会調査では、瀬戸内海沿岸域に市域・町域を接する行政区域(Fig.1)の小中学校を対象に、①郷土史（先史・古代の地域文化財の認知度)、②郷土料理そのものの種別や内容（多様性評価基準、認知度評価)、③給食および食育関連の組織（給食センター、各校での管理栄養士在職の有無、具体的アウトリーチ）に関するアンケートを実施する。対象は、Fig.1のエリアのTable.2であり、公立の小学校658校、公立の中学校297校が、具体的なアンケート対象となる。

2. 対象地域の無形文化遺産としての"食"の調査

対象地域の郷土料理は、農林水産省主催の郷土料理百選選定委員会（2007）において、全国で99品目が選出されている。先の郷土料理の定義に関し、特に「地域の伝統として受け継がれてきた調理・加工方法による」部分が注視されていることがリストの傾向分析から明らかにでき（Table.3)、実際の社会実態とは一部異なる結果といえる。アンケートに関しては、この郷土料理に関する認知度評価とともに経験知、や付随する地域知の聞き取り調査も実施する予定である。

3. 介護就労支援施設との共同企画

現在、岡山県早島に所在する就労支援介護施設（ぬかつくるとこ）との共同企画（食イベント）を準備しており、管理栄養士、調理師を併せて調査・企画進行を進めている。

Table.2　小中学校リスト（SOCRAHまとめ）

岡山県	公立		私立		国立	
	小学校数	中学校数	小学校数	中学校数	小学校数	中学校数
笠岡市	18	10	0	0	0	0
浅口郡	2	1	0	0	0	0
倉敷市	63	27	0	0	0	0
玉野市	14	7	0	0	0	0
瀬戸内市	9	3	0	0	0	0
備前市	13	5	0	0	0	0
合計6市・町	119	53	0	0	0	0

香川県	公立		私立		国立	
	小学校数	中学校数	小学校数	中学校数	小学校数	中学校数
三豊市	25	8	0	0	0	0
多度津町	4	1	0	0	0	0
宇多津町	2	1	0	0	0	0
坂出市	12	6	0	0	1	1
高松市	51	22	0	2	1	1
さぬき市	12	5	0	0	0	0
東かがわ市	6	3	0	0	0	0
直島町	1	1	0	0	0	0
土庄町	5	2	0	0	0	0
小豆島町	4	2	0	0	0	0
合計21市・区・町	122	51	0	2	2	2

兵庫県	公立		私立		国立	
	小学校数	中学校数	小学校数	中学校数	小学校数	中学校数
赤穂市	10	5	0	0	0	0
相生市	7	3	0	0	0	0
たつの市	17	5	0	0	0	0
姫路市(家島諸島含む)	69	35	0	2	0	0
高砂市	10	5	0	1	0	0
加古川市	28	12	0	0	0	0
播磨町	4	2	0	0	0	0
明石市	28	13	0	0	1	1
神戸市垂水区	23	11	1	1	0	0
神戸市須磨区	20	12	1	4	0	0
神戸市長田区	14	6	0	0	0	0
神戸市兵庫区	10	6	0	0	0	0
神戸市中央区	11	7	0	2	0	0
神戸市灘区	12	5	1	4	0	0
神戸市東灘区	14	7	2	2	0	0
芦屋市	8	3	0	2	0	0
西宮市	40	20	2	8	0	0
尼崎市	43	19	1	2	0	0
淡路市	19	5	0	0	0	0
洲本市	13	5	0	1	0	0
南あわじ市	17	6	0	0	0	0
合計21市・区・町	417	193	8	29	1	1

Table.3　郷土料理リスト（農水省 2007）

	米・麦料理	豆・芋料理	野菜	貝・魚	肉
岡山	岡山寿司 ばら寿司 ママカリ寿司	なし	なし	なし	ソース カツ丼
香川	小豆島 そうめん	なし	まんばのけ んちゃん	なし	なし
兵庫	穴子寿司 播州そうめん	なし	なし	明石焼き	なし

※なお、本研究は福武学術文化振興財団瀬戸内海文化研究・活動支援助成の成果の一部である

戊辰戦争戦没者の墓石の劣化調査

Degradation research of *Boshin* war gravestone

渡辺ゆきの（奈良大学大学院）、○魚島純一（奈良大学）

1．はじめに

石造文化財の一つである墓石は、被葬者の情報を記録し後世へ伝える貴重な史料である。しかし，墓石の多くは屋外で風雨にさらされているため劣化が進行し、文字の判読が困難になる恐れがある。墓石をより長く後世へ伝えるには墓石の劣化状態の把握や刻まれた情報の記録が必要である。

本研究では、北海道に所在する 2 ヶ所の戊辰戦争戦没者の墓所で墓石の劣化状態を調査した。今回おこなった調査をもとに、現時点で戊辰戦争戦没者の墓石の劣化がどの程度進行しているのかを記録し、今後の保存活動に繋げていきたい。

2．調査内容

戊辰戦争で戦死した兵士の墓所は、北海道では函館市、江差町、松前町、北斗市、七飯町などに所在しているが、今回は函館市函館護国神社の官修墳墓と、北海道檜山郡江差町檜山護国神社の松ノ岱墓地の 2 ヶ所に限定しておこなった。調査地は戊辰戦争の北海道における戦闘で戦死した新政府軍の兵士の墓所である。新政府軍の戦没者は没後迅速に墓所が整備されたため、どちらの墓所も明治 2 年(1869)頃に造営されている。

調査方法は、名前や出身藩などを1基ずつ確認し、可能な範囲で劣化状態を記録した。劣化状態の調査はすべて目視でおこない、写真撮影もおこなった。調査データの整理後、各墓所ごとに墓石の劣化状態の統計を取った。

墓石の劣化状態を、①文字の判読の可否、②石材の劣化状態、③地衣類の着生状態、④外的要因による劣化の有無に分けて確認した。①～③については A～E の 5 段階で示した。A が特に劣化のない良い状態を表し、E に近づくにつれて状態が悪いことを表す。外的要因については段階評価をせず状態を文章で記録した。

3．調査結果

・函館護国神社の墓石の劣化状態

文字の判読

激しく劣化が進行しており、一部の墓石は正面の文字がすべて判読が不可能になっていた。ほとんどの墓石で文字の一部に欠損、磨耗が認められた。これは凍結破壊によるものと推測する。ただし文字の劣化が激しいのは正面のみで、側面は比較的文字が残存していた。

石材の劣化

ほとんどの墓石の表面に欠けや割れが見られた。穴が空いているものや、石材がえぐれるように陥没しているものも認められた。陰になる部分には虫が巣を作って生息していた。

地衣類の着生

地衣類や藻類等の微生物の着生もほとんどの墓石で認められた。ただし、竿石の裏面(南西)だけは他の3面と比較すると地衣類の量が少なかった。

外的要因による劣化

一部の墓石で折れた痕跡が残っていた。外的衝撃がない限り墓石が2つに分断することは考えづらいため、折れ跡があるものは外的要因による劣化だと推測される。

・檜山護国神社の墓石の劣化状態

文字の判読

文字の劣化はほとんど認められず、多くがはっきりと判読できる状態で残存していた。

石材の劣化

表面の変質は多少認められたものの研磨された花崗岩の光沢が残る墓石がほとんどだった。

地衣類の着生

基礎部への着生は確認できたが、竿石の表面に地衣類や微生物が大量に着生している墓石はほとんど認められなかった。

外的要因による劣化

石材自体の劣化はほとんど認められなかったが、何らかの衝撃で欠損したと見られる墓石がいくつか確認できた。また、周囲に生えている樹木が生長したことによって地面の下から根で持ち上げられ大きく傾いている墓石もあった。他にも、若干傾きかけているものや、基礎部に隙間が生じているものが確認できた。

4. まとめ

調査の結果、函館護国神社の墓石の劣化が檜山護国神社の墓石よりも進行している事を確認した。劣化に違いが出た一番の原因としては、石材の違いが挙げられると考えられる。檜山護国神社の墓石は花崗岩が使用されているが、函館護国神社の墓石は凝灰岩と思われる脆い石材が使用されていた。これまで花崗岩は風化に強い岩石であることは様々な文献で言及されてきたが、改めてその事を追認できた。

また、凍結破壊による劣化が墓石に多大なダメージを与えていると認める事ができた。そのため墓石の置かれている環境も劣化の進行に大きく関係している可能性が考えられる。ただし、考察をするにはデータが少ないため、今後の調査で改めて検討したい。

今回、一部の墓石の劣化状態が深刻なものであったため、定期的な劣化状態の確認が必要だと感じた。様々な状況を考慮した上で石造文化財をより長く後世へ伝えていくためにはどうすれば良いのか、今後も検討を継続していきたい。

徳島県立鳥居龍蔵記念博物館所蔵のガラス小玉の分析
Analysis of the glass beads collected Tokushima Prefectural Torii Ryuzo Memorial Museum

長谷川愛（奈良大学大学院）、○魚島純一（奈良大学）

1．はじめに

中国漢代ではカリガラスが多く作られていたが、隋・唐代では原料となる天然白色ソーダ（ナトロン：Na_2CO_3）の産出が欠乏していたため発展しなかった。西方では融剤にソーダ灰を使用していたが、中国では鉛丹を替りに使用して中国独自の鉛ガラスが生まれたと考えられている。

本研究は、鳥居龍蔵氏が採集したと思われるガラス小玉が中国・遼代（10～13 世紀）のものであるかを、明らかにすることを目的として行った。ガラスの成分を調査することにより、ガラスの時期や分布に関する研究成果と照らし合わせながら、考察を行った。

2．資料と方法

本研究で対象としている資料は、徳島県立鳥居龍蔵記念博物館が所蔵しているガラス小玉 122 点である。

調査方法は、製作技法を推定するために目視とX線透過撮影を利用し、ガラス成分の把握のため蛍光X線分析を利用した。

目視観察は 122 点すべて行い、X線透過撮影や蛍光X線分析は、色と形態から 12 種類に分類したガラス小玉各 2 点ずつ(1 点しかないものは 1 点のみ)、計 21 点を対象とした。

蛍光X線分析の測定条件は次のとおりである。

X 線 管：Cr（クロム）	管 電 流：600μA
X線照射径：100μm	測 定 時 間：300 秒
管 電 圧：30 kV	雰 囲 気：真空

X線透過撮影の撮影条件は次のとおりである。

電　　圧：50・60kV

電　　流：5mA

照 射 時 間：60 秒

3．結果と考察

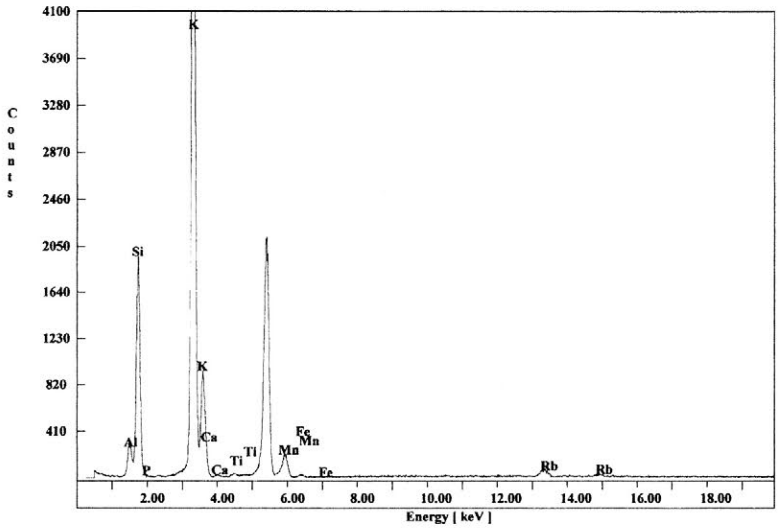
目視観察の結果、ガラス小玉の側面中央部に段差（凸部）があるものが 106 点あった。またその段差の幅は一定ではなく、板のようなものの上で軽く転がしたと考えられるが、明確に判断できなかった。

X 線透過撮影の結果、気泡が螺旋状に見えることと、上記で述べた形態から考えて、巻き付け技法で作られたものだと推定した。

蛍光X線分析の結果、鉛ケイ酸塩ガラスが 2 点、アルカリケイ酸塩ガラスが 19 点であった。鉛ケイ酸塩ガラスと判断したものは、Ba（バリウム）が検出されなかったため鉛バリウムガラスではなく鉛ガラスであると判断した。アルカリケイ酸塩ガラスには、カリガラスとソーダ石灰ガラスがあり、AR（オートラジオグラフィ）法を行うことによって判断が可能だが、今回は行わなかったため、判断できなかった。

次に、ガラス小玉が遼代のものであるかを考える。はじめにも述べたように中国では鉛ガラスが主流となっていたため、中国からガラスが遼に輸出されたとは考えにくい。遼と同じ頃のヨーロッパで作られていたガラスと比べてみる。北西ヨーロッパでは、ヴァルトグラス（高ライムのカリ石灰ガラス）が作られていた。ヴァルトグラスは高ライムであるが、今回の資料は高い値が出なかったことと Al（アルミニウム）が多かったことから、アジアで作ったものと推測する。また、ナトロンを入手しにくいことと K（カリ）が多かったことから、植物灰（K_2CO_3）を使用した可能性が高く、遼という国は、ステップ気候の地域で、植物灰の原料が手に入る環境なので、植物灰を利用できたと考える。

以上のことから、遼ではアルカリケイ酸塩ガラスを製作していたと推測されることから、今回分析したガラス小玉は遼代のガラス小玉であると考えても矛盾はないと判断した。



分析結果の一例

文化財科学の諸方法を活用した研究体験
―鹿児島国際大学における日本学術振興会「ひらめき☆ときめきサイエンス」の活動―

"HIRAMEKI☆TOKIMEKI SCIENCE (Welcome to a University Research Lab-Science That Inspires and Inspirits)" in the International University of Kagoshima: Using the Methods of Archaeological Science

福島花咲里（鹿児島国際大学国際文化学部）、萩原 栞（同）、平川ひろみ（同大学院）、太郎良真妃（同）、楊 帆（同）、川宿田好見（同志社大学文化遺産情報科学研究センター）、○中園 聡（鹿児島国際大学）

Kazari Fukushima (The International University of Kagoshima), Shiori Hagihara (IUK), Hiromi Hirakawa (IUK Graduate School), Maki Tarora (IUK Graduate School), Fan Yang (IUK Graduate School), Yoshimi Kawashukuda (Research Center for Knowledge Science in Cultural Heritage), ○Satoru Nakazono (IUK)

はじめに

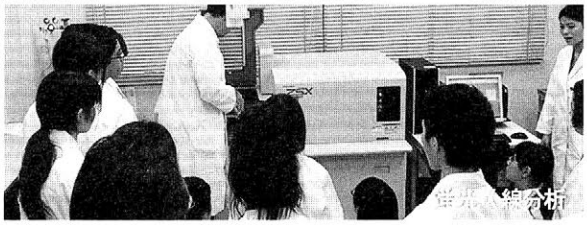
独立行政法人日本学術振興会（以下、「学振」）が実施している、科学研究費による研究成果の普及還元事業「ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI（研究成果の社会還元・普及事業）」に我々は積極的に取り組んできた。これは、実施代表者である中園とその研究室（ゼミ）の若手研究者・大学院生がメンバーとなり学部生の参加も得ながら、鹿児島国際大学が実施しているものである。この組織構成では平成 26 年度で 4 度目、それに先立つプログラムに実施分担者等として参加したものを含めると鹿児島国際大学では 5 回目の実施となる。主に高校生を対象としたプログラムであり、文化財科学の手法を多用した研究体験は幸い高評価を得ている（平成 24 年度「よく工夫されたプログラム」に選定）。ここでは、この分野の研究の社会還元・普及の推進に資するために、その実施内容を紹介する。

「ひらめき☆ときめきサイエンス」とは

これは、「学術と日常生活との関わりや学術がもつ意味に対する理解を深める機会を社会に提供し、（中略）研究成果の社会還元・普及事業の推進を目的」とする。すなわち、「我が国の将来を担う児童・生徒を対象として、若者の科学的好奇心を刺激してひらめき、ときめく心の豊かさと知的創造性を育むこと」、科研費による「研究成果を基礎としながら研究の内容について、分かりやすく発信することを通じて、学術の文化的価値及び社会的重要性について示し、もって学術の振興を図ること」が目的である（「募集要領」）。そのため、科研費の研究成果に基づきつつ、講義・実験・ディスカッションなど受講生が自ら積極的に体験・参加できるような工夫のほか、研究者、若手研究者、大学院生、学部生等との触れ合いや交流も重視されており、研究者を志した動機や人柄にも接することができるような配慮が求められている。平成 17 年以来、学振の委託により大学や研究機関等で毎年度実施されてきたが、実施プログラム数はここ数年、200 件／年程度であったが、我々の集計では平成 25 年度には 136 機関 244 件が実施されるに至っている。

鹿児島国際大学のプログラム

これまでの実施タイトルは、「科学捜査隊・失われた過去の「個人」に迫る！―考古学とサイエンスの新地平―」「土器を調べて 2000 年前の「個人」に迫る！―考古学+歴史学+心理学+サイエンス―」などで



ある。基礎となった科研費の課題は、土器製作者の個人同定法の開発研究に関するもので、考古学の新しい研究の地平の開拓を目指したものである。科学的に過去を解明するためには、文系／理系の枠にこだわらず両者の枠を超えた、あるいは融合した、多角的なアプローチが必要であるという思想のもとに科研費の研究を遂行しており、プログラム中でもそれを追体験できる。すなわち、型式学的観察はもとより、土器表面の微細な製作痕の顕微鏡観察やその生成実験による仮説検証、蛍光 X 線分析による胎土分析、3D スキャナを用いた微細痕跡の三次元マッチングなど、文化財科学的諸方法をプログラム中に盛り込み、製作者の個人同定までの一連のプロセスについて研究体験できるのである。それを通じて広く科学的な考え方を学び、過去を復元する科学への興味を持てるよう留意している。

さまざまな仕掛けがある。プログラムは全体として、既成の学問的枠組みを超え先端を切り拓くことへの気付きを得るよう、事前学習資料から講義・実験等の内容まで工夫した。実験等では、現物に触れて本物の迫力を感じられるようにしている。また、仮説や実験結果などを書き込んでいくワークシートによって実証の手続きを意識できるようにし、少人数グループごとに大学院生等を配置し、易しい解説や適時の声掛けをする。考古学ゲームと称して、クイズを織り交ぜた「研究者人生双六」は、研究者になっていく過程、楽しさ・苦労を楽しく学習でき、人気である。また、ポスターセッション形式での模擬学会を行い、研究への理解の深化や、学会を知るということに役立てている。こうした様々なオリジナルの工夫を行っている。以上の計画には学生からの提案が少なからず盛り込まれているが、全員に白衣を着せ、研究者と一体感を持たせるなど、今では欠かせない細かな工夫もやはり学生の提案による。幸い、若手研究者・大学院生は実施経験を積んでおり、生徒への指導のしかただけでなく、雰囲気づくりなどにも熟練してきている。それが生徒の積極性や反応のよさ、満足度の向上に寄与しているようである。

※本発表は、個人同定法の普及を目指す研究（JSPS 科研費・基盤研究（B）（26284124））の一環でもある。

名柄遺跡（奈良県御所市５世紀）出土モモ核の分類

A study of unearthed peach pits at Nagara site : there was in Gose City, Nara Prefecture at fifth century

生田依子（青翔高校）　飯田真璃（同）　太田凪虹（同）　後藤美香（同）
串田茉美（同）　鶴田昴平（同）　藤麗咲（同）　森裕司（同）　吉川悠（同）
藤田和尊（御所市教育委員会）　○金原正明（奈良教育大学）
Yoriko Ikuta, Mari Ida, Eren Ota, Mika Goto, Mami Kusida, Kohei Turuta
Risa Fuji, Yuji Mori, Yu Yosikawa, Kazutaka Fujita, ○Masaaki Kanehara

１．目的

名柄遺跡出土のモモ核を形態から分類し、名柄遺跡(5 世紀後葉)当時のモモを明らかにする。稲田桃(現生)・白鳳(現生)と名柄遺跡のモモ核を比較研究する。

２．方法

①奈良県御所市の名柄遺跡出土のモモ核の長さ・幅・厚さをノギスで測定し、長さ／幅、長さ／厚さ、幅／厚さの比を算出した。
②文献を参考にしてモモ核を分類した。
③長さ／幅、長さ／厚さ、幅／厚さの散布図から、傾き、相関係数、標準偏差を算出した。
④上区のＡ類と下区のＢ類の核の表面にみられる小孔を比較した。
⑤稲田桃のモモ核、白鳳のモモ核についても測定をおこない、各比を算出した。

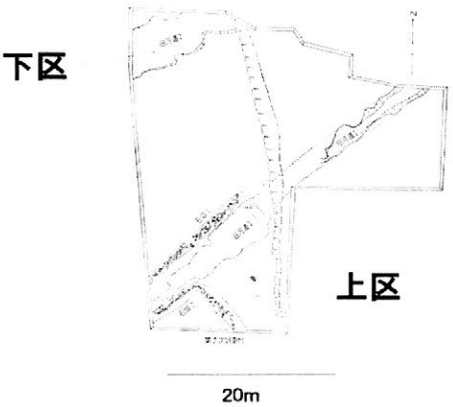
３．結果

名柄遺跡のモモ核を５種類に分類した。Ａ類は小さく丸みがあり、Ｂ類は先端がやや尖り厚みが小さい傾向が見られた。これらに加えて下区からは３種類の核が出土した。現生の稲田桃と食用の白鳳の比較をおこなったところ、稲田桃は先端が尖り厚みが薄く、白鳳は長さ・幅・厚さすべてが大きいことがわかった。名柄遺跡のモモ核と稲田桃および白鳳の長さ／幅、長さ／厚さ、幅／厚さの各比は中間の値がなく明瞭に区別できた。名柄遺跡のＡ・Ｂ類の小孔を比較すると、Ａ類は小孔がなく、Ｂ類は小孔があったことがわかった。

４．考察

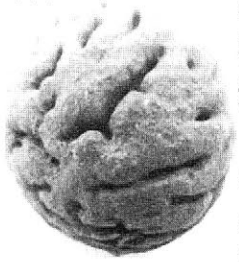
小孔の観察からＡ類は核内へ栄養を送る維管束が通る小孔がないため小さく、Ｂ類は核内へ栄養を送る維管束と小孔があるためよく成長し大きいと考えられる。

上区は館近くの堀の底で水の流れがなく短期間に堆積した区画であるため、他地域や他年代からの他の遺物の混入がなく、館の年代と遺物のモモ核の年代が一致する。そのため遺物の年代が特定でき、一括性が高く考古学上の価値が高い。このことから上区から出土したモモ核のＡ類とＢ類が名柄遺跡当時のモモの可能性がある。さらに名柄遺跡の近くにある同年代の南郷遺跡もＡ類Ｂ類のみが出土している（金原正明 2003)ため、当時の



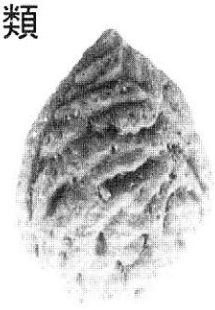
名柄遺跡調査区

A類

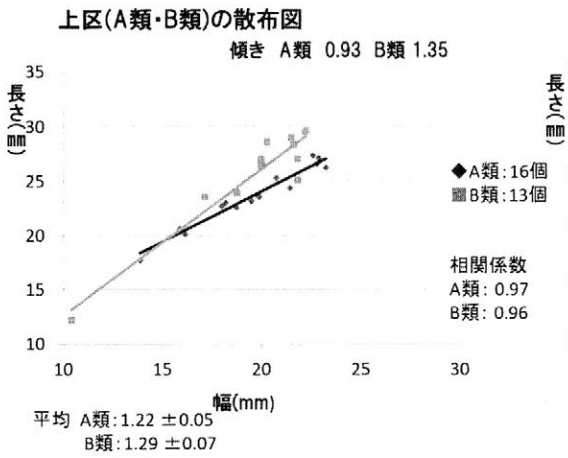


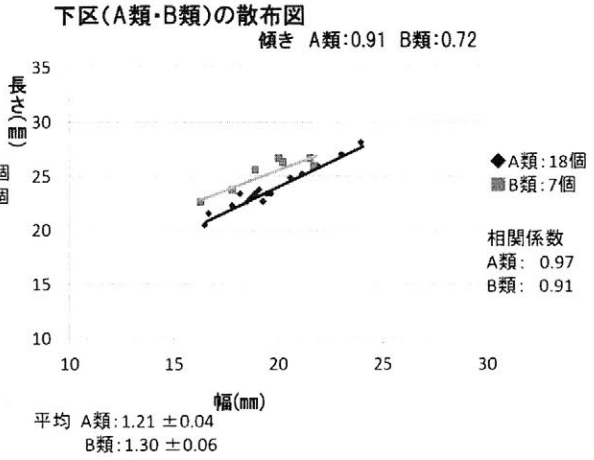
小孔なし
核内へ栄養を
送る維管束がない
↓
A類小さい
長さ
22.55±1.41 mm

B類



小孔あり
核内へ栄養を
送る維管束がある
↓
B類やや大きい
長さ
25.45±4.97 mm





モモはA類B類のみであると考えられる。下区は旧河道であるため他年代の核が混入しやすい条件で、下区から出土したモモ核は名柄遺跡当時のモモ核ではない可能性がある。奈良県内の同時期の遺跡からはA、B、C類が出土しているが、名柄遺跡にはまだC類は持ち込まれていなかったと考えられ、5世紀後葉の奈良県内では地域によって栽培されるモモが異なっていた可能性がある。

名柄遺跡のモモ核と稲田桃の長さ／幅・長さ／厚さ・幅／厚さの比はそれぞれ稲田桃の方が大きいことから、名柄遺跡のモモ核と稲田桃（古代モモといわれている）は異なる種類であることが示唆された。しかし、核の形態は白鳳より稲田桃が遺跡のモモ核に近い。また稲田桃（黒田桃は稲田桃から栽培化）と白鳳では稲田モモのほうがハナモモに近いため(果樹振興センター 2013の図から)、名柄遺跡当時のモモの形態はハナモモに似ている可能性がある。

今後は中国と韓国の遺跡のモモ核と大陸から持ち込まれた際に通過した可能性がある中国・九州地方の遺跡のモモ核の比較をすることにより、次々とモモが大陸から持ち込まれたのか、日本国内で改良されたのかを明らかにしたい。また遺跡のモモ核はほとんど分類されていないため、他地域の遺跡のモモ核を分類し年代と地域別の分布を調べたい。さらにモモ核の分類をDNAなど分子生物学的な違いからも進めたい。また、モモ核の年代を正確に分析し名柄遺跡当時のモモ核はA、B類であるとより明らかにしたい。

【参考文献】

金原正明 (2003)「第四節南郷大東遺跡における遺体分析による検討」『南郷遺跡群Ⅲ』p. 274-302.

金原正明 (1996) 古代モモの形態と品種『考古学ジャーナル 409』p. 15-19.

金原正明 金原正子 粉川昭平(1989)和爾遺跡出土種実と花粉分析『和邇森本遺跡第5次発掘調査報告』p. 20-26.

石材風化防止剤の販売並びに、石造物の保存、修復、復元

遺構保存剤の販売並びに、遺構保存工事、メンテナンス

・石材強化剤OH100

・石材撥水剤290

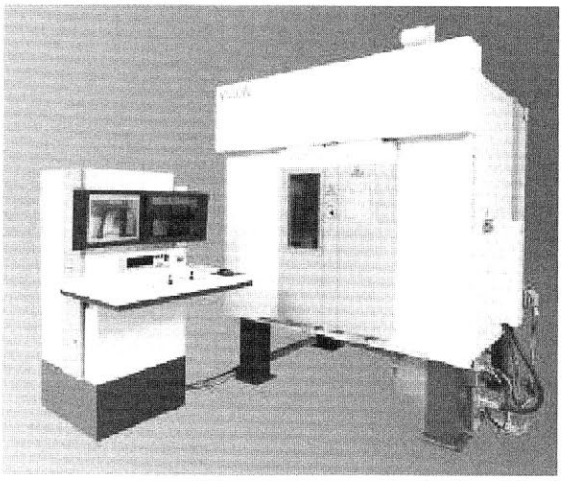
・強化剤OM25　OM50

株式会社アクト

〒518-0467 三重県名張市赤目町相楽619-1
TEL/FAX　０５９５－６３－８２６１
E-mail　ikenoue@themis.ocn.ne.jp

エクスロン・文化財用 X線透視／CT検査システム

Y.MU2000-D 透視・CT兼用 X 線装置

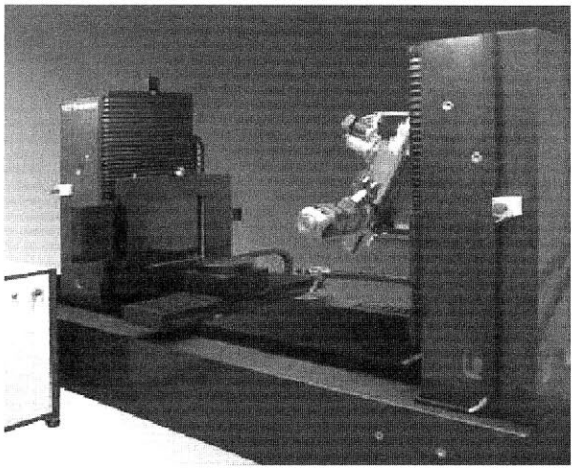


Y.MU2000-D

- ●高精細デジタルフラットパネル搭載で鮮明な画像
- ●オプションで CT 検査が可能
- ●様々な角度から容易に撮影可能（6 軸マニピュレーター）
- ●160～600kV のラインナップ
- ●シンプルデザインで簡単操作
- ●機能的配置で小スペース化
- ●アルミニウム、鉄、樹脂、木材に対応

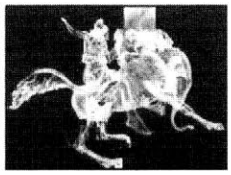
【主な仕様】 X 線出力(kV)：160／225／320／450／600 から選択
検査品最大寸法(mm)：φ600×H900(標準)、φ800×H1500(オプション)
検査品最大重量(kg)：60／200(オプション)

Y.Precision 透視・CT兼用 X 線装置



Y.Precision

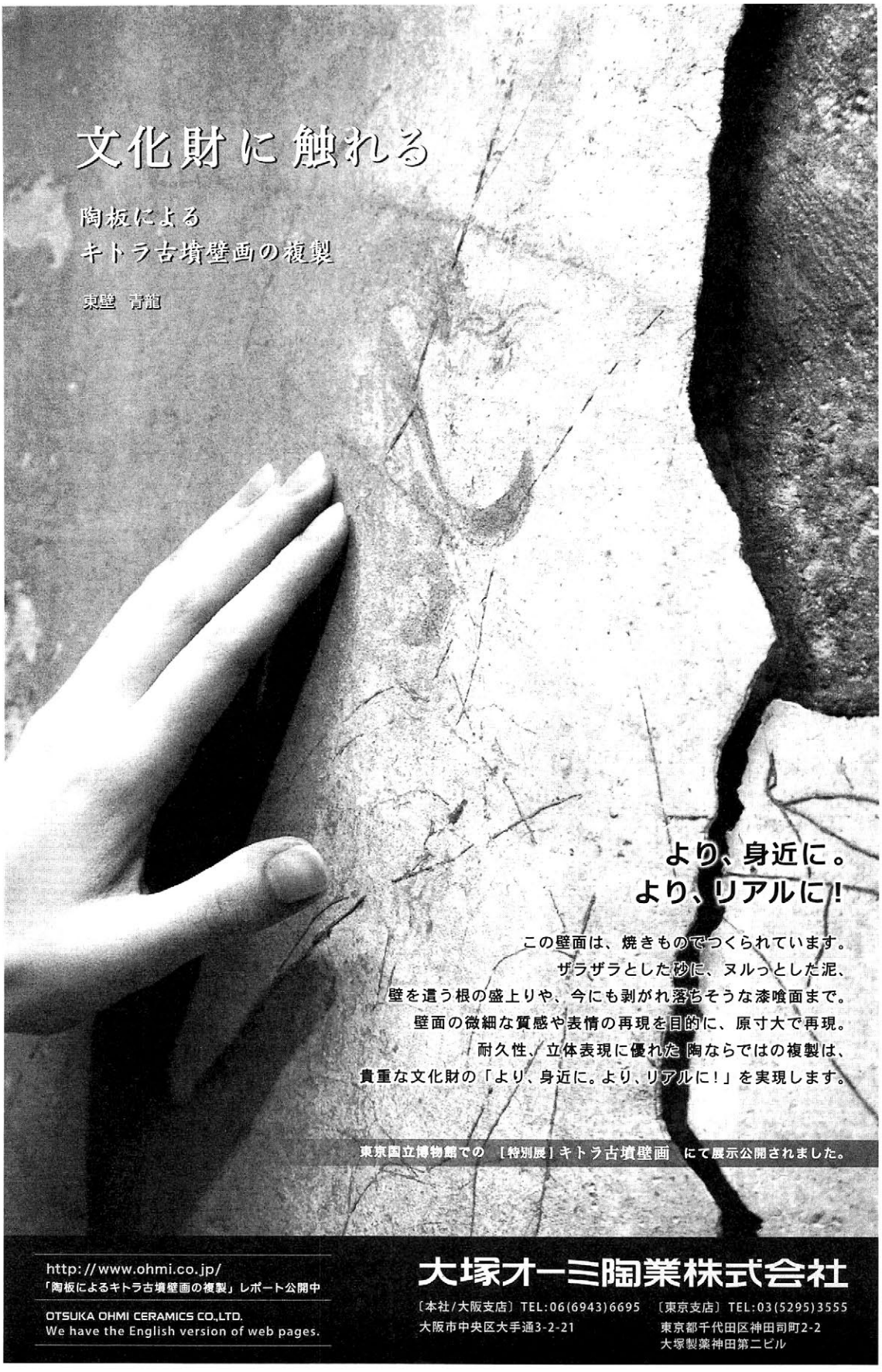
- ●ミニフォーカス：320kV、450kV、600kV
- ●マイクロフォーカス：160kV、225kV
- ●ＣＴ方式：第２世代・第３世代兼用方式
- ●微少な木質文化財から大型仏像やブロンズ像なども鮮明に撮影可能
- ●測定対象によって様々なカスタマイズが可能



【主な仕様】 X 線出力(kV)：160／225／320／450／600 から選択
検査品寸法例(mm)：φ：2500mm、高さ：3000mm 重量：500kg
視野(mm)：フラットパネル：400 mm角、 ラインセンサー：1023 mm

YXLON
Technology with Passion

エクスロン ・インターナショナル株式会社
〒221-0031 横浜市神奈川区新浦島町 1-1-32
ニューステージ横浜 1F
Tel ：045-450-1730 Fax：045-450- 1740
E-mail：yxlon@jpn.yxlon.com URL：http://www.yxlon.co.jp


文化財に触れる
陶板による
キトラ古墳壁画の複製
東壁 青龍
より、身近に。
より、リアルに!
この壁面は、焼きものでつくられています。
ザラザラとした砂に、ヌルっとした泥、
壁を遣う根の盛上りや、今にも剥がれ落ちそうな漆喰面まで。
壁面の微細な質感や表情の再現を目的に、原寸大で再現。
耐久性、立体表現に優れた陶ならではの複製は、
貴重な文化財の「より、身近に。より、リアルに!」を実現します。
東京国立博物館での [特別展] キトラ古墳壁画 にて展示公開されました。
http://www.ohmi.co.jp/
「陶板によるキトラ古墳壁画の複製」レポート公開中
OTSUKA OHMI CERAMICS CO.,LTD.
We have the English version of web pages.
大塚オーミ陶業株式会社
〔本社/大阪支店〕TEL:06(6943)6695
大阪市中央区大手通3-2-21
〔東京支店〕TEL:03(5295)3555
東京都千代田区神田司町2-2
大塚製薬神田第二ビル

その文化遺産が語りだす
いにしえの時がよみがえる

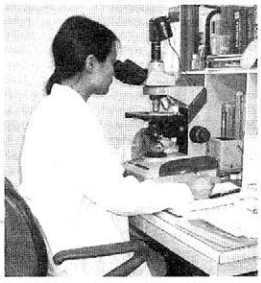
環境考古学分析

環境・生業・農耕
を復原する

植物珪酸体分析
ﾌﾟﾗﾝﾄ･ｵﾊﾟｰﾙ分析
花粉分析　珪藻分析
樹種同定　種実同定
寄生虫卵分析
トイレ遺構分析
骨・貝類同定
植物遺体DNA分析

遺構や遺物の
用途・機能を
推定する

最先端の技術と
高精度のデータ



優れたコスト
パフォーマンス

考古理化学分析

遺跡や遺物の
年代を調べる

ルミネッセンス年代測定
放射性炭素年代測定
テフラ(火山灰)分析

遺物の
系統や産地
遺構の性格を探る

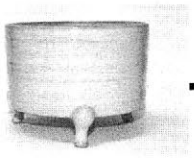
蛍光X線分析
理化学分析

※現地における試料採取と分析内容の検討

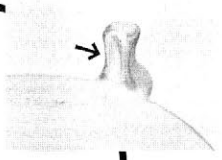
陶磁器真贋判定

熱ルミネッセンス(TL)年代測定法を応用し
現代の**贋作を明確に**判定する

＜青磁三足香炉の分析例＞



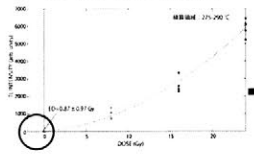
鑑賞上目立たない
部位から試料を採取

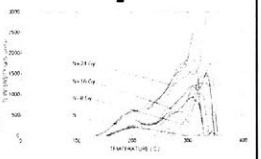


判定：贋作

↑

近現代に焼成





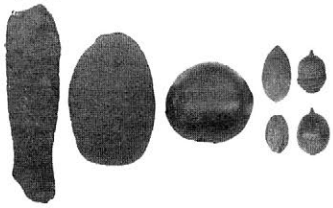
ほぼ放射線の蓄積がない

TL測定

保存処理

◆漆椀◆

◆種実◆



◆木簡◆

糖アルコール法・HPC 法を用いて
出土時の寸法と表面観を保つ

保存処理対象遺物

木製品（木簡、漆椀ほか）、木材、
炭化材、種実（堅果類、毬果ほか）、
炭化物（炭化米）、葉、縄など

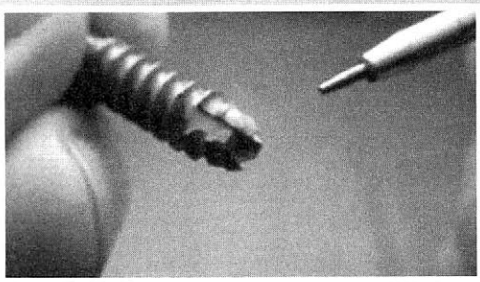
株式会社
古環境研究所

本社／〒331-0062埼玉県さいたま市西区土屋1795-24
Tel.048-622-0389・Fax.048-622-9187
研究所／奈良研究所・宮崎研究所・先端技術センター
http://www.kokankyo.jp

AIRBRASIVE®
マイクロ・エアブラスト装置6500

SS-White 社のマイクロ・エアブラスト装置 6500 は、電気を使用せず、コンプレッサーからの圧縮エアのみで稼働します。
パウダー出力を自由に調整出来、どなたでも簡単に操作が出来ますので、複雑な形状をした埋蔵文化財出土品の保存処理に多数ご利用頂いています。

Model 6500



ノズルからブラスト粉を高圧噴出して加工

- ●電源不要で全て圧縮エアで操作　コンパクトなデザイン
- ●簡単なパウダー容器の交換　各種ノズルを準備
- ●安定性・耐久性に優れたデザイン
- ●オプション：専用ワークチャンバー、集塵機、オイルフィルター

装置仕様概要

- ●常　用　圧　力：0.5Mpa
- ●圧縮空気供給：0.3～0.8MPa
- ●供 給 エ ア 量：1.4L/sec
- ●チャンバー容量：900g
- ●パウダーフロー：～40g/ 分
- ●寸 法 ・ 重 量：33x25x19cm、約 8Kg

付属アクセサリー

- ●圧力調整フットスイッチ＆ホース
- ●ハンドピース・エアーホース
- ●エア供給ホース
- ●ノズルφ4.57mm（3 種類）
- ●アルミナパウダー 27μ,50μ各 2kg

●ご購入前のデモ機貸出し承っております。　販売代理店募集中！

SysCom

有限会社 シスコム
http://www.syscom-corp.jp

〒171-0014　東京都豊島区池袋 4-27-5 和田ビル
TEL:03-6907-9105　FAX:03-6715-8740
E-mail:syscom@corp.email.ne.jp

マイクロフィルム、DVD、テープの保管などにも最適です。

文化財収蔵品の展示や収蔵の適湿環境維持管理の必需品

●カビ、過乾燥、高湿を防止！

除湿 ドライ・キャビ® 防湿庫

湿度調節範囲50%~20%RHの除湿（温度は常温）

DRY-CABI®

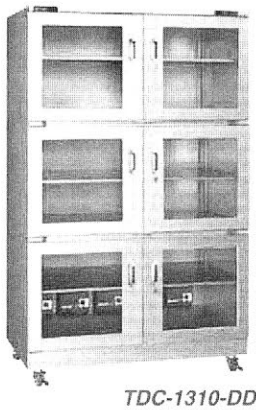
防湿庫32年の経験と実績
世界で初めて製造発売しました

大切なものを多湿やカビから守ります！

最近納入先：京都国立博物館様

●50機種以上のレパートリー

TDC-290-DDX
TDC-291-PDX
W880×D448×H980mm 291ℓ



（4扉タイプもあります）

TDC-1310-DDX
TDC-1311-PDX
W1,200×D710×H1,850mm 1,261ℓ

◉超低湿度（1%RH）タイプもあります

保管例

マイクロフィルム、フィルム、テープ
DVD、VHS、メディアカード

カメラ関係50万人以上のご愛用、諸官庁、一般会社、電子関係、製造部関係多数

- カメラ、レンズ、顕微鏡、望遠鏡などの光学製品
- マイクロフォン、紙製品
- 電子部品、半導体、IC、等々

納入実績

ホームページの納入実績表をご参照下さい
http://www.dry-cabi.co.jp/company.html#title01

特　長

- 特殊乾燥剤により除湿・加湿（乾燥剤は半永久的）
- 湿度調節器による全自動運転（精度 ±5~7%RH 保持）
- デュアル湿度計（庫外の湿度も表示）付で便利
- 扉はマグネット付で外気との気密性も良い
- 無音・無振動
- 庫内温度は常温
- 棚板は荷重 50kg/ 枚、上下可変・取り外し可
- 省エネ型設計　電源 100V Max16~67W/H
- イニシャルコストも格安、安価で手軽な保管庫です
- キャスター取付可（TDC-290/500 型用、オプション）

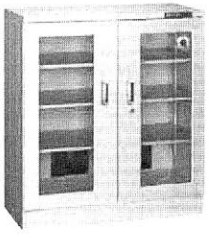
加湿 ウエット・キャビ® 加湿庫

湿度調節範囲30%~75%RHの加湿（温度は常温）

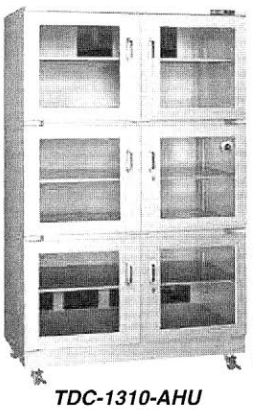
世界初 乾燥剤吸湿システム《新加湿方式》
空気中の水分による加湿を実現＊加湿用の水の補給は不要

最近納入先：産業総合技術研究所様
東近江市埋蔵文化センター様

大切なものを
乾燥から守ります！
（乾き過ぎ）



TDC-290-AHU
W880×D468×H980mm
291ℓ



（4扉タイプもあります）

TDC-1310-AHU
W1,200×D730×H1,850mm
1,261ℓ

保管例

博物館、美術館、諸官庁等多数ご採用

- 紙製品／美術工芸品／漆器／古文書
- 出土品（金属片・木片）
- 弦楽器（ギター・バイオリン・琵琶・三味線）
- 木管楽器（リコーダー）雅楽器（笙・竜笛・篳篥）
- シガー　等
- 電子部品精密部品の高湿保管　静電気防止
- 各種実験用

特殊サイズもご相談下さい。
除湿型と加湿型の別室タイプ可
（例）上段・除湿型、中段・下段加湿型

防湿庫の総合メーカー　防湿庫を世界で初めて発売して、お陰様で32年

トーリ・ハン株式会社
Since1983
http：//www.dry-cabi.co.jp

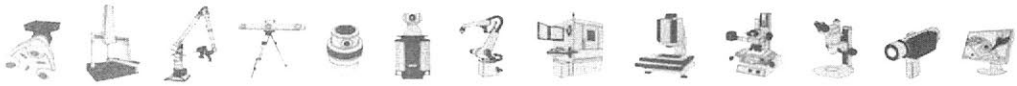
総合カタログのご請求、お問い合せは本社営業部へ
本社・営業部・ショールーム　〒110-0015 東京都台東区 東上野3-21-6
大阪営業所
TEL03-3833-0614 FAX03-3833-0616

●特許・実用新案登録済、商標登録済

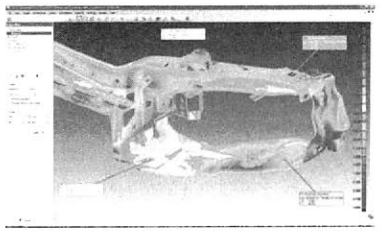
DRY-CABI　検索

NIKON METROLOGY & INSPECTION | VISION BEYOND PRECISION

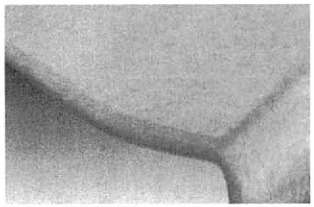
Nikon

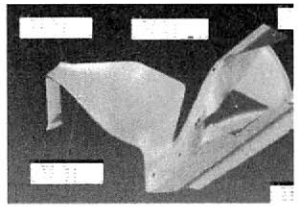


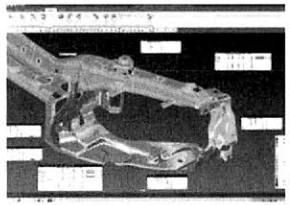
MCAx+ SERIES with Handheld Scanner MMDx100
ハンドヘルドスキャナー MMDx100 搭載
多関節アーム式三次元測定機 MCAx+ シリーズ



最新式高精度アームとハイスペックスキャナーの
組み合わせで、測定をさらに確かなものに!!
最新型 多関節アーム式三次元測定機MCAx+と
レーザースキャナーMMDxとの組み合わせにより、
計測場所を選ばず、スプレー塗布等の前処理なしに、
試料の形状点群データを素早く取得可能です







Nikon Instech CO.,LTD./METROLOGY DRIVES PRODUCTION

株式会社ニコンインステック　バイオサイエンス営業本部

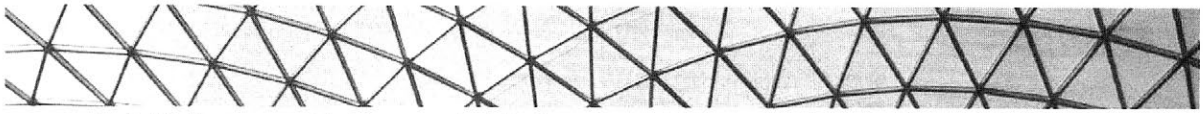
Nikon

本　　社　〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1(新有楽町ビル4F)
電話:(03)3216-9163
関西支店　〒532-0003 大阪市淀川区宮原3-3-31(上原ニッセイビル)
電話:(06)6394-8801
九州支店　〒813-0034 福岡県福岡市東区多の津1-4-1
電話:(092)611-1111

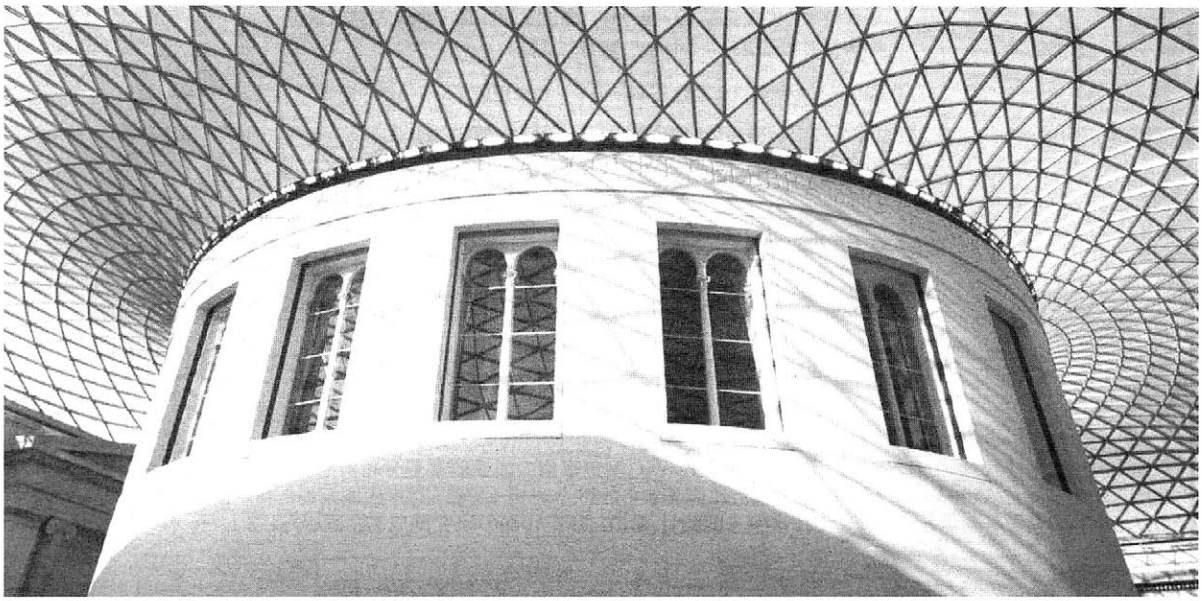
企業広告

Developed for Museum & Gallery
特定小電力無線 温湿度ロガー

HANWELL
MONITORING & CONTROL

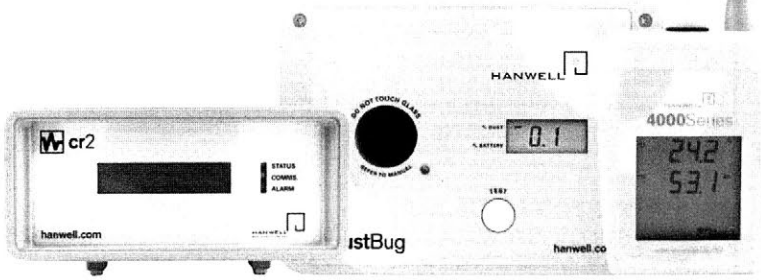


- ■ 独自技術による比類なき電波伝搬
- ■ 配線工事不要、レイアウト自在、簡単増設
- ■ iPad やスマホを利用して何処からでもモニタリング
- ■ 異常時には指定メールへアラーム通知
- ■ 災害や非常時にもデータを継続的にバックアップ



《 欧米導入実績 》

ルーブル美術館、大英博物館、大英図書館、エルミタージュ美術館
スミソニアン博物館、ゲッティ美術館、ソフィア王妃芸術センター など、他多数



Hanwell 日本総代理店
株式会社ノードグラフ
東京都中央区新川 1-9-7 タカラヤビル 2F
Tel. 03 6280 5842 Fax. 03 6280 5843
www.nodegraf.jp/

本当のことが知りたい

パレオ・ラボ コンパクトAMS

パレオ・ラボは遺跡出土遺物および
堆積物の自然科学分析を行う会社です。

分析業務サービス

年代測定および推定法	●放射性炭素年代測定[加速器質量分析(AMS 法)] ●^{14}Cウィグルマッチング ●木材酸素同位体比($\delta^{18}O$)測定 ●地磁気残留磁化測定[焼成および堆積年代推定] ●火山灰同定[ガラス・重鉱物の屈折率測定など]
遺物の材質および技法	●土器の材料分析[薄片分析・波長分散型蛍光X線分析] ●漆・有機物分析[顕微赤外分光分析] ●顔料等の分析[蛍光X線分析・X線回折分析] ●石器の石材同定[肉眼・薄片分析・蛍光X線分析] ●遺物分析[蛍光X線分析(定性分析・元素マッピング分析)・EPMA分析他] ●塗膜分析[塗膜構造・EPMA分析]
遺物の産地推定	●黒曜石・サヌカイトの原産地推定[エネルギー分散型蛍光X線分析] ●土器胎土分析[薄片分析・波長分散型蛍光X線分析]
生業に関わる方法	●プラント・オパール分析 ●樹種同定 ●種実同定 ●獣骨・魚骨・貝類同定 ●寄生虫卵分析 ●炭素窒素安定同位体比測定 ●レプリカ法による土器圧痕観察 ●CT画像解析 ●微細物分析
古環境復元	●堆積物の特徴記載 ●花粉分析 ●珪藻分析 ●植物珪酸体分析 ●大型植物遺体分析[材・種実・葉などを含む]
その他	●ボーリング調査 ●土層剥ぎ取り ●土層のデジタル連写撮影

上記以外にもご相談に応じます
お気軽にお尋ねください。

株式会社 パレオ・ラボ Paleo Labo Co., Ltd. http://www.paleolabo.jp

本社	335-0016	埼玉県戸田市下前1-13-22ビコーズ戸田 III1F	048-446-2345	E-mail: toda@paleolabo.jp
東海支店	501-6264	岐阜県羽島市小熊町島5-63 アルビアル羽島1F	058-391-0881	E-mail: gifu@paleolabo.jp
AMS年代測定施設	376-0144	群馬県桐生市黒保根町下田沢1900-65	0277-96-2088	E-mail: ams@paleolabo.jp

お問い合わせは東海支店などで承ります

若手研究者を支援する研究助成の募集(第10期)

株式会社パレオ・ラボ

1. 助成の趣旨

弊社では、平成16年10月に年代測定を目的として ^{14}C測定専用の加速器質量分析計を導入し、年代測定業務を開始いたしました。これを期に、企業として社会に還元するため、また広く弊社AMS年代測定をご利用いただくため、若手研究者を対象として研究支援事業を開始し、このたび第10期の研究助成を企画いたしました。

2. 応募条件

①現在35歳以下の研究者(定職についていない方)および大学院生(考古学分野2名、自然科学分野2名)
②年代測定を必要とするテーマであること
③過去に研究発表1本または論文1編以上を発表した者
④原則として、助成終了後1年以内に研究助成の内容を含む論文または口頭発表を公表し、その成果を提出すること
⑤研究助成の内容を含む発表および論文執筆の際、パレオ・ラボ若手研究者を支援する研究助成によるものであることを明記すること

3. 支援内容

以下の2項目を支援いたします。
①研究費として15万円を支給
②AMS年代測定10試料を無料測定。ただし、測定期間は下記の期間限定:平成26(2014)年9月1日～10月31日および平成27(2015)年4月1日～8月31日

4. 支援期間

平成26(2014)年9月1日～平成27(2015)年8月31日

5. 応募方法

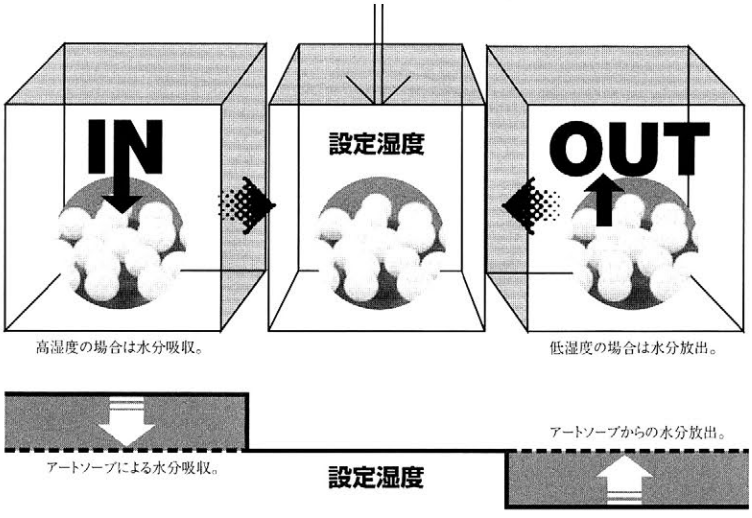
申し込み用紙(弊社指定用紙、弊社HP上からPDFまたはExcelファイルをダウンロード)、履歴書(書式なし、写真添付)、研究実績表(書式なし)を弊社東海支店へ郵送

6. 締切

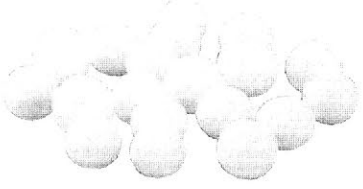
平成26(2014)年7月31日(必着)
お問い合わせ jyosei@paleolabo.jpもしくは058-391-0881研究助成担当(なるべくE-mailをご利用ください)
助成に関する詳細は当社ホームページをご覧下さい http://www.paleolabo.jp

アートソーブ®

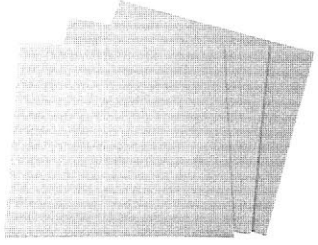
周りの湿度変化に対して常に適切な湿度をキープ、
それがアートソーブの役目です。



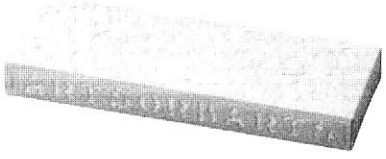
ビードタイプ



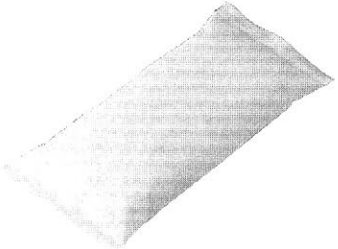
シートタイプ



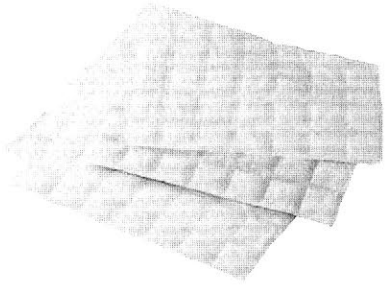
カセットタイプ



Fタイプ



Sタイプ



Fuji Silysia

富士シリシア化学株式会社

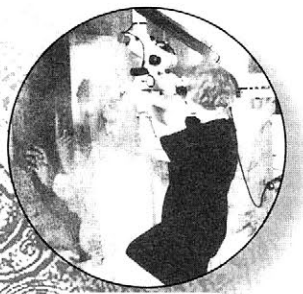
本　　社	〒487-0013 愛知県春日井市高蔵寺町2-1846	☎ (0568) 51−2511
東京営業所	〒103-0027 東京都中央区日本橋2-15-10 宝・明治安田ビル	☎ (03) 3275−1621
名古屋営業所	〒450-0001 愛知県名古屋市中村区那古野1-47-1 名古屋国際センタービル23F	☎ (052) 587−0451
大阪営業所	〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋1-7-3 ハヤシビル7F	☎ (06) 6220−8610
福岡営業所	〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前3-23-22 博多DNビル5F	☎ (092) 473−3771

MITSUWA
FRONTECH

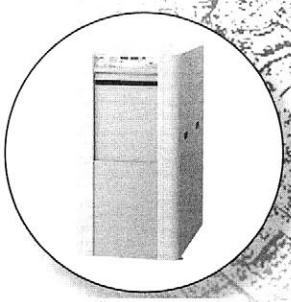
文化財の科学・保存・修復を
お手伝い致します

3次元計測器
三次元デジタイザー

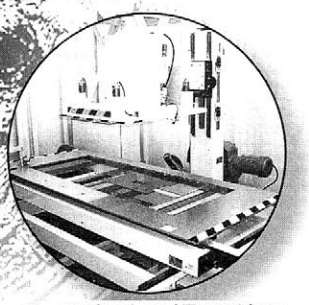
耐光試験機
紫外線強度計照度計



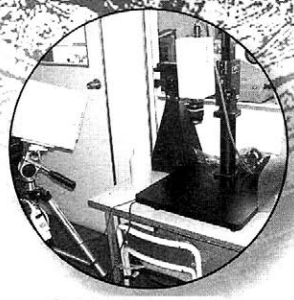
実体顕微鏡
マイクロスコープ
デジタル顕微鏡



脱塩処理装置
純水製造装置
イオンクロマト
キャピラリー電気泳動
金属含浸装置



X線透過撮影装置
軟X線
高出力透過X線
大型試料室



赤外線カメラ
赤外線カメラシステム
赤外線スキャナー

株式会社 三ツワフロンテック
http://www.mitsuwa.co.jp
〒530-0041 大阪市北区天神橋3-6-24　TEL/06(6351)9677　FAX/06(6351)9699

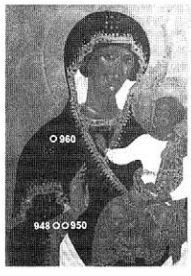
Rigaku

測りたいその場で文化財の分析を!

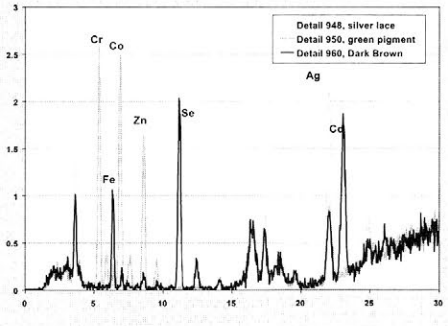
Niton携帯型成分分析計 XL3tシリーズ

- 非破壊で特別な試料調製の必要無し
- 美術品の修復と保存の研究分野で豊富な実績と高い評価
- 絵画・地図・巻物・切手など薄い対象も測定可能
- 寺社・遺跡・石窟・発掘品などの現場測定が簡単
- GPS機能を標準装備 Google Earth上で測定場所とデータを表示
- 3mm直径のスモールスポットで正確に照射

絵画の顔料

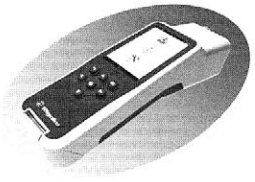


XL3t-500

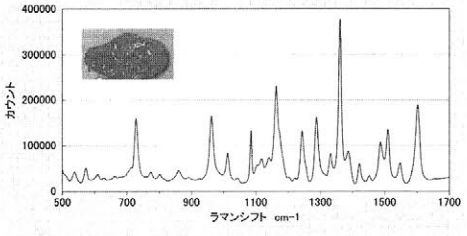


携帯型ラマン分光計 Progeny/Xantus-2シリーズ

- 小型光学デバイスの進歩により達成された驚異的な性能と機能
- レーザー励起波長：Progenyは1064nm。Xantus-2は532nm/1064nm、もしくは785nm/1064nmから選択



有機顔料系赤色絵の具(参考データ)



販売元
株式会社リガク
携帯分析機器事業部　E-mail:niton@rigaku.co.jp
〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-14-4 ☎(03)3479-3065 FAX.(03)3479-6171
●東京支店 ●東北営業所 ●大阪支店 ●名古屋営業所 ●九州営業所
URL http://www.rigaku.co.jp/

企業
広告

Radiocarbon Dating
Without Regrets
C14年代測定で後悔しないために
BETA
Beta Analytic
Radiocarbon Dating
www.radiocarbon.com
• 迅速な納期 (4営業日～7営業日)
• 高品質な結果 (QA report, ISO 17025認定)
• 充実したカスタマーサービス
Beta Analytic Inc. 日本総代理店　株式会社 地球科学研究所
www.radiocarbon.jp　　sumi@radiocarbon.jp
468-0007 名古屋市天白区植田本町一丁目608番地
tel 052(802)0703 fax 052(805)6383
Australia - Brazil - China - India - Japan - Korea - UK - USA