

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

奈良県富雄丸山古墳出土蛇行剣の応急的な保存科学的処置から 得られた新知見

A Study on new findings obtained from the conservation treatment of the serpentine sword excavated from Tomio Maruyama tumulus (Nara pref.)

○奥山誠義^{※1}、河崎衣美^{※1}、中尾真梨子^{※1}、小倉頌子^{※1}、村瀬陸^{※2}、鐘方正樹^{※2}、
岡林孝作^{※1}、川上洋一^{※1}、光石鳴巳^{※1}、水野敏典^{※1}、山口等悟^{※2}

○Masayoshi OKUYAMA^{※1}, Emi KAWASAKI^{※1}, Mariko NAKAO^{※1}, Shoko KOKURA^{※1},
Riku MURASE^{※2}, Masaki KANEKATA^{※2}, Kosaku OKABAYASHI^{※1}, Yoichi KAWAKAMI^{※1},
Narumi MITSUISHI^{※1}, Toshinori MIZUNO^{※1}, Togo YAMGUUCHI^{※2}

※1：奈良県立橿原考古学研究所（Archaeological Institute of Kashihara, Nara pref.）

※2：奈良市教育委員会（Nara City Board of Education）

1. はじめに

富雄丸山古墳（4世紀後半）は、奈良市によって2018年から発掘調査が実施されている。2022年10月からは奈良県立橿原考古学研究所（以下、橿考研と称する。）と協力体制のもと開始した富雄丸山古墳範囲確認発掘調査（第6次調査）において、3段に築造された造出しの上段から粘土槨が見つかり、国内最大の蛇行剣1点とこれまで出土例がない龍文盾形銅鏡1点が出土した（写真1）。これらは極めて重要な考古資料と判断されるため、橿考研と奈良市教育委員会で「富雄丸山古墳共同調査研究に関する協定書」を締結し、取り上げ後の応急的な保存処置、および関連する保存科学的・考古学的調査研究を共同で進めている[1]。本報では、蛇行剣の一面（発掘時の天面）の応急的な保存科学的処置（以下、応急的な処置）の中で得られた知見について報告する。

2. 蛇行剣の応急的な保存科学的処置について

発掘によって発見された蛇行剣は、現地での応急処置と取り上げ作業の後、奈良市埋蔵文化財調査センターでの一時保管を経て、橿考研へ搬入された。搬入後の2023年3月14日より本格的な保存処理の前段階として、応急的な処置を開始した。この応急的な処置は、蛇行剣の形状を維持すること、不要な土壌等を除去すること、付着物や付属部品の情報を収集することを目的として計画した。

3. 応急的な処置の方法

橿考研に搬入した蛇行剣は、発掘現場において取り上げるために流し込んだ発泡ウレタンをカッターナイフ等で切り取り除去した。その後、露出面を補強するために貼り付けていたガーゼを除去し、発掘時と同様の状態にし、クリーニング等を行う前に三次元形状計測を実施した。クリーニング作業は有機物等の痕跡が残っている可能性が高いことから手術用顕微鏡等で細部を確認しながら、剣先付近より開始し、順次、剣身、柄、柄頭、鞘尻の順に実施した。

4. 応急的な処置により得られた知見

応急的な処置において、取り除いた土壌の下から黒色の塗膜状物質（写真2、3）と木材片（写真4）を散在的に確認した。黒色の塗膜状物質は鞘尻付近と鞘口および柄口、柄、柄頭に分布し、木材片は剣身表面とその刃部両脇を中心に分布を確認した。柄口および鞘口付近には、網目状と筋状の構造を持つ黒色の塗膜状物質が認められた（写真3）。さらに、柄および柄頭の黒色の塗膜状物質表面には赤色顔料の存在が認められた（写真2、図1）。木材片は、大きな破片で遺存長3cmを測るがほとんどのものが1cm四方に満たない小片であった（写真4右上）。なお、散在する木材片に黒色の塗膜状物質の存在は認められなかった。

黒色の塗膜状物質は、脱落片を材質分析に供し、光音響赤外分光分析（PAS/FT-IR）による分析の結果、漆であることを確認した（図2）。また、この漆の表面に認められた赤色顔料は、微小片による蛍光X線分析および走査電子顕微鏡観察の結果、水銀を主成分とする辰砂（HgS：水銀朱または朱）であるこ

とを確認した(図1)。一方、網目状組織と筋状組織の構造を形成する素材は、いかなる物質であるか現時点では未確認であり、今後の検討課題となっている。木材片は、一部の断面の観察を実施し、繊維方向に直線的に配列する組織とそれに直交する放射組織が確認できた(写真4)。これらの構造、材質はウラ面(後述)の構造や素材調査と併せて総合的に検討していきたい。

5. 結果とまとめ

今回の応急的な処置において、以下の点を確認した。

①鞘尻付近と鞘口および柄口、柄、柄頭に漆の装飾がある、②柄、柄頭の漆には辰砂(HgS:水銀朱または朱)による着色がみられる、③鞘口および柄口付近には、漆を用いた網目状と筋状の装飾が存在する、④木製の鞘が存在していた、⑤鞘に漆などの装飾は確認されていない。

以上のように、これまで国内でも例を見ない巨大な蛇行剣において新たな発見が確認された。現在、発掘時に「天を向けていた面」(オモテ面)を反転し、発掘時に誰も目にすることができなかった「地の面」(ウラ面)の作業に着手した。今後、さらに新たな発見がある可能性を念頭に置きながら作業を進める計画である。

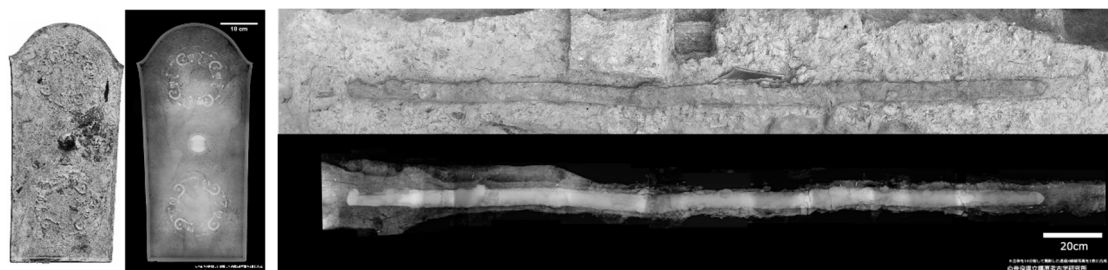


写真1 龍文盾形銅鏡（左の2枚、うち右は透過X線画像）と蛇行剣（右の上下2枚、うち下は透過X線画像）

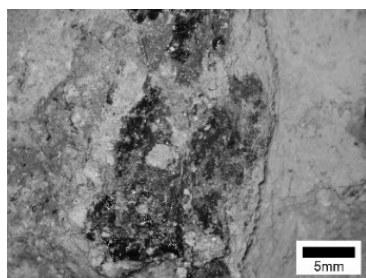


写真2 鞘口・柄口付近の漆装飾
(赤色顔料付着)

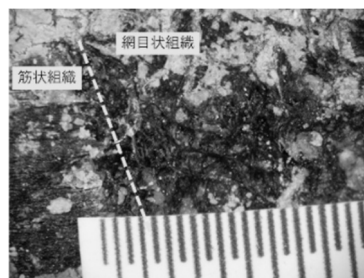


写真3 網目状（破線の右）と筋状（破線の左）の構造を持つ漆の装飾



写真4 鞘木材片破断面のSEM画像
右上：脱した木片

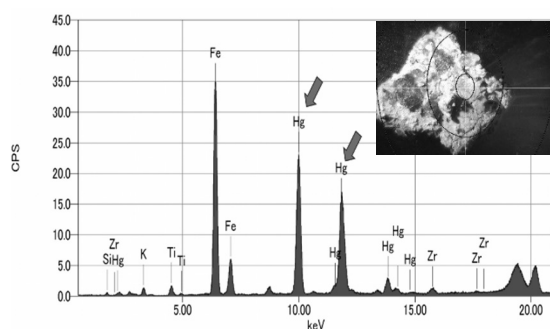


図1 赤色顔料の蛍光X線スペクトル

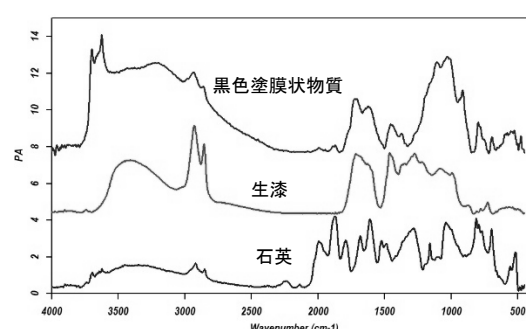


図2 黒色塗膜状物質のPAスペクトル

参考文献

- 河崎衣美ほか「奈良県富雄丸山古墳出土蛇行剣と龍文盾形銅鏡の保存措置について一発見から取り上げまで」2023 東アジア文化遺産保存国際シンポジウム in 札幌研究発表要旨 2023

本研究は青柳正規榎原考古学研究所長、富雄丸山古墳発掘調査検討会議(委員:和田晴吾・田辺征夫・岡林孝作・豊島直博)の指導・助言を得て実施した。

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

出土銅製品に施された塗膜の剥離メカニズムの検討（その2） —塗膜の層構造および埋蔵時の劣化による成分変化の調査— Study of the peeling mechanism of lacquer films on copper artifacts Part2 —Film structure and investigation of changes in chemical composition due to degradation during burial

○楊曼寧※^{1,2}、本多貴之※²、奥山誠義※³、柳田明進※¹、脇谷草一郎※¹
○Manning YANG※^{1,2}, Takayuki HONDA※², Masayoshi OKUYAMA※³, Akinobu YANAGIDA※¹,
Soichiro WAKIYA※¹

※1：奈良文化財研究所 (Nara National Research Institute for Cultural Properties)

※2：明治大学 (Meiji University)

※3：奈良県立橿原考古学研究所 (Archaeological Institute of Kashihara, Nara pref.)

1. はじめに

既報¹では、出土銅製品に伴う塗膜の変形挙動が、安定化処理で使用される有機溶剤の拡散にともなって生じる内部応力に関連すること、さらに、均質な構造を持つ場合には厚い塗膜でカールが生じやすい可能性を示した。一方、先行研究²では、埋蔵環境における劣化の影響により、塗膜の表面（環境にさらされる面）と接着面（胎と接する面）の化学構造に差異がある場合、溶液に浸漬した際にカールが生じることが報告されている。したがって、塗膜の剥離メカニズムを議論するには、出土塗膜の層構造とその化学組成を把握する必要がある。さらに、金属に対して焼付け（高温硬化）によって塗膜が施された場合、塗膜表面と接着面の成分差が生じる可能性がある。そのため、文化財資料の塗膜表面と接着面に構造および化学組成の差異が観察される場合、埋蔵時の劣化または製作方法のいずれの影響を受けているかを検討することも必要である。

本報では、出土銅製品から剥落した塗膜のクロスセクションの観察、その表面・接着面・斜め切断面のフーリエ変換型赤外分光分析（FT-IR）を行ない、焼付けにより再現した標準試料と対比することで、出土塗膜層内の成分変化とその形成要因を検討した。

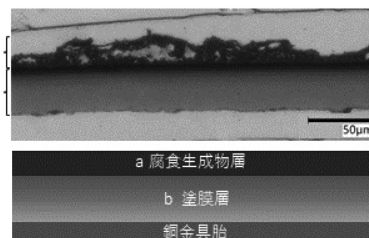


図1 クロスセクション写真と塗装構造図

2. 資料及び分析方法

2.1 調査資料

平城宮跡より出土した奈良時代と推定される銅製品から剥落した単層塗膜を調査対象とした。また、生漆と漆桐油混合系（漆配合濃度 30wt%、50wt%、70wt%）を銅基板に均一に塗布した後、210℃で 30 分から 180 分までの 30 分間隔の焼付け時間の条件で仕上げた塗膜を比較標準試料とした。

2.2 調査方法

塗膜試料の一部をエポキシ樹脂に包埋して作成したプレパラートに対して、顕微鏡による透過観察、エネルギー分散型 X 線分光装置付属の走査型電子顕微鏡（SEM-EDX Hitachi 製 TM3000 Oxford Instruments 製 SwiftED3000）による元素マッピング分析を行った。また、顕微 FT-IR ATR（JASCO 製 FT/IR-4100typeA ATR クリスタル：ZnSe 分解能 4cm⁻¹ 64scans）で試料の表面と接着面をそれぞれ分析した。また、高分解能に塗膜層の深さ方向の情報を得るため、塗膜を瞬間接着剤にてガラス基板に接着し、表面界面物性解析装置（SAICAS Daipia Wintes 製 EN-W 型）で斜め切断面を作成してから顕微 FT-IR 透過法による（PerkinElmer 製 Spotlight400 分解能 8cm⁻¹ 64scans）マッピング分析を行った。さらに、標準試料の表面と接着面の成分差を FT-IR ATR（Bruker 製 ALPHA ATR クリスタル：ダイヤモンド 分解能 4cm⁻¹ 64scans）で確認し、その特徴を出土塗膜と対比した。

¹ 楊曼寧、柳田明進、奥山誠義、脇谷草一郎：出土銅製品に施された漆塗膜の剥離メカニズムの検討（その1）、日本文化財科学会第39 回大会研究発表要旨集 pp. 180-181 (2022)

² Wang et al., PH-Dependent Warping Behaviors of Ancient Lacquer Films Excavated in Shanxi, China. Heritage Science. (2022)

3. 結果と考察

3.1 クロスセクション分析

顕微鏡の透過光観察より、表面から順に黒色層、茶色層の2層構造が確認された(図1)。SEM-EDX分析では、表面の黒色層からCu(銅)とS(硫黄)が検出された。したがって、a層は銅の腐食生成物層、b層は塗膜層と推定される。また、塗膜層の表面付近が深色化していることが確認された。単層および複層の焼付け標準試料においても同様の構造が観察された。このような表層の変色は出土塗膜でしばしば認められるものの、今回の調査対象の塗膜層における深色化が、焼付けの影響によるものか、埋蔵時の劣化の影響によるものかは、現状では不明である。

3.2 FT-IR 分析

出土塗膜の表面と接着面の顕微IRスペクトルを図2に示す。表面では、 3300 cm^{-1} 付近のヒドロキシ基O-H由来、 1084 cm^{-1} 付近のエーテルC-O由来と推定される吸収が顕著である一方、接着面では 1701 cm^{-1} 付近のカルボニル基C=O由来、 2917 cm^{-1} 、 2851 cm^{-1} と 1429 cm^{-1} 付近メチレン基C-H由来と推定される吸収が顕著であることが確認された。斜め切削断面における深度ごとのIRスペクトルから、接着面とその上 $20\text{ }\mu\text{m}$ では 3307 cm^{-1} O-H伸縮、 2910 cm^{-1} 、 2851 cm^{-1} メチレン基C-H伸縮由来の吸収が顕著であることが観察され、クロスセクションの分析結果を考慮すると、この成分変化は表層の腐食生成物層から内部の塗膜層に変化することに対応すると推測される。いずれの深度において良好な吸収強度を示した 1203 cm^{-1} を標準にし、 1700 cm^{-1} 付近のC=O伸縮、 1600 cm^{-1} 付近C=C環伸縮またはカルボン酸イオン由来の吸収ピークの相対面積比を計算した結果、二つの吸収は接着面から表面にかけて減少する傾向を示した。

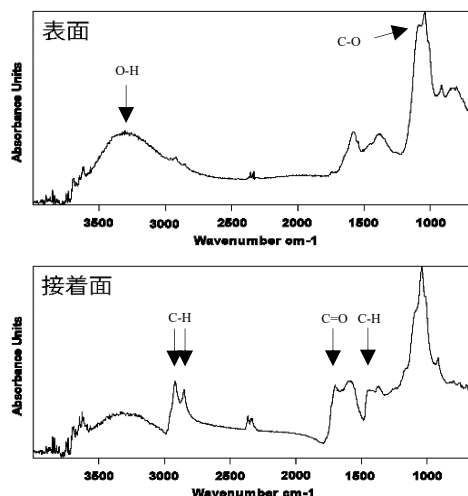


図2 出土塗膜の表面・接着面のIRスペクトル

焼付け標準試料では、すべての作成条件において塗膜表面と接着面のIRスペクトルに差異が認められた。表面ではO-H由来の 3300 cm^{-1} 、C=O由来の 1701 cm^{-1} 、C=C環またはカルボン酸イオン由来の 1600 cm^{-1} 、エーテルC-O由来の 1158 cm^{-1} が強く、接着面ではC-H由来の 2917 cm^{-1} 、 2851 cm^{-1} と 1429 cm^{-1} が顕著であることが認められた。これは、空気に接する側で酸素の関与による酸化重合がより進むためと考えられる。また、焼付け時間が長くなるにつれ表面と接着面の両方で成分の変化が認められた。90分までの焼付け条件では、表面と接着面ともに成分変化が見られており、重合反応が依然進んでいることを示すと考えられる。成分が安定するまでにかかる時間を比較すると、表面は接着面より若干早く重合が終了することが認められた。また、焼付け時間が増加した場合、接着面では成分変化が緩慢である一方、表面ではメチレン基の減少およびヒドロキシル基の増加が認められた。これは過酸化・酸化分解によるものと推測される。この現象は漆配合濃度の上昇につれ顕著になり、長時間熱重合させる漆-油混合系塗膜の場合、漆分が多いほど表面・接着面の成分差が大きくなる可能性を示唆する。

3.3 制作法および埋蔵時の劣化の影響の検討

文化財資料表面と接着面のIRスペクトルおよび標準試料のそれを比較した結果、塗膜が焼付けで製作されたと仮定した場合、文化財資料にみられるO-H由来の 3300 cm^{-1} 、C-H由来の 2917 cm^{-1} 、 2851 cm^{-1} と 1429 cm^{-1} 、C-O由来の 1084 cm^{-1} の表面および接着面での差異は焼付けの工程に由来し、成膜当初から存在する可能性がある。一方で、表面付近のカルボニル基C=O伸縮に由来する 1700 cm^{-1} 、C=C環伸縮、またはカルボン酸イオンに由来する 1600 cm^{-1} 付近の吸収の減少は、埋蔵時の劣化由来の化学構造変化と考えられる。

4. まとめ

出土銅製品から剥落した塗膜の断面観察、表面・接着面・斜め切削断面の成分分析を行い、これらの結果を標準試料と比較した。焼付けによって作成された塗膜が成膜時から不均一な構造を持つこと、出土塗膜の場合は埋蔵環境下における劣化により、さらに化学変化が生じることが確認された。今後、塗膜が持つ層内の成分差の影響を考慮した塗膜の剥離メカニズムの検討を進める予定である。

【謝辞】本研究はJSPS科研費(22K01012)の助成によるものです。ここに記して感謝申し上げます。

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

鉄製遺物の発掘後の劣化特性に及ぼす埋蔵環境の影響 —平城宮跡出土鉄製遺物の悉皆的調査と非破壊分析による検討 Effect of burial environments on deterioration properties of iron artifacts after excavations —Comprehensive survey and nondestructive analysis of iron artifacts excavated from the Nara Palace Site

○柳田明進（奈文研）、脇谷草一郎（同左）、和田一之輔（同左）

○Akinobu YANAGIDA, Soichiro WAKIYA, Kazunosuke Wada (NABUNKEN)

1. はじめに

同じ展示・保管環境におかれた鉄製遺物であっても、保管・展示時に劣化が進行するものではないものがある。これは埋蔵時の腐食の過程で塩化物塩が鉄製遺物内部に生じるか否かに起因すると考えられる。発掘後の鉄製遺物の状態や遺跡の埋蔵環境から、その劣化特性を予測することができれば、不必要な脱塩処理を実施しないなどの処理工程の選定に加えて、保管管理においても劣化特性に応じて管理の厳重度を選別するなどの効率化を図り得ると期待される。この視点は文化財の保全を担保するというためだけでなく、使用薬剤や空調による環境制御のエネルギー消費量といった環境負荷の軽減という点においても重要と言える。発掘後の劣化特性に及ぼす埋蔵環境の影響を把握するためには、環境データを有する遺跡を対象として、鉄製遺物の発掘後の劣化の有無と埋蔵環境の関係を蓄積することが必要と考えられる。本研究では、平城宮跡を調査地として既報の環境調査報告を整理するとともに、目視での鉄製遺物の状態の悉皆的調査、非破壊での状態調査を実施し、その発掘後の劣化特性に及ぼす埋蔵環境の影響を検討した。

2. 調査方法

2.1 調査対象 調査地は奈良県奈良市に位置する平城宮跡である。平城宮跡では、1959年からの発掘調査により約38%の発掘が終了している。また、整備事業に関連した地質・水質調査が実施されている。対象資料は平城宮跡出土の鉄製遺物であり、悉皆的にその腐食状態を目視にて観察した後、発掘後の劣化の有無の観点で2点を抽出して状態調査に供した。

2.2 埋蔵環境調査に関する情報の整理とその検討 平城宮整備報告¹⁾では平城宮跡の約30箇所において、ボーリングによる地質調査および地下水の水質調査が報告されている。本研究ではこれの測定結果をもとに平城宮跡の埋蔵環境を検討した。水質調査は年1回、春、もしくは秋に溶存酸素(DO)、陽イオン、陰イオンなどの22項目について測定が実施されており、これらの測定値から埋蔵環境を推定した。

2.3 悉皆的調査 鉄製遺物の悉皆的調査では、金属部の残存状況、腐食層の色調、展示時に生じた新たな割れの有無の3項目について、それぞれ表1で示した内容で分類した。金属の残存状態については、サンコウ電子社製金属探知機(MDS-100)を用いて確認した。対象とした鉄製遺物は2467点である。

2.4 状態調査 蛍光X線分析(XRF)、微小部X線回折分析(μ -XRD)によりそれぞれ鉄製遺物の表面の元素分布を取得し、腐食生成物を同定した。また、鉄製遺物および剥落した破片に対して、それぞれ高エネルギーX線CT(Hi-X線CT)、マイクロフォーカスX線CT(μ -X線CT)を実施し、鉄製遺物の腐食状態、腐食層の微細構造を観察した。

3. 結果および考察

3.1 平城宮跡の埋蔵環境 以下、第二次大極殿より東の領域に絞り、検討を進める。第二次大極殿、朝堂院が位置する領域の土質は礫混じり土であり、南側では粘土が主体に変化する。また、その東側は旧谷地形であり、北側では礫が認められるものの、主に粘土や砂で構成される。平城宮跡の地下水のpHは5.7—7.2の範囲にあり、旧丘陵地の溶存酸素濃度は北側で高く、南側で低下する傾向を示した。また、その東の旧谷地形から採取した地下水も溶存酸素濃度は低い傾向を示しており、北側では酸化的な環境、南側では還元的な環境であると推察される。平城宮全域において、地下水のCl濃度は1.7—59.2 mg/Lの範囲に分布しており、一般的な淡水の地下水と同等であり、特定の領域で高い傾向は認められなかった。

3.2 鉄製遺物の状態と出土位置の関係 悉皆的調査の結果を表1に示す。発掘後の鉄製遺物の割れの有無は、調査資料全体では割れが認められるもの、顕著に認められるものを合わせて約20%であった。また、金属の残存状況では約84%で金属が残存していることが認められた。

酸化すると推定される第二次大極殿、朝堂院の領域 A と還元的と推定される平城宮跡南部の領域 B (図 1 a) から出土した鉄製遺物の結果を抽出したものを図 1b に示す。発掘後の割れの有無において、領域 A では約 45% で割れの傾向がみられた一方、領域 B のそれは約 8% であり、酸化的な環境から出土したもので発掘後に割れる傾向にあった。金属部の残存状況は、領域 A および領域 B で顕著な差はなく、環境の差異の影響は認められなかった。また、領域 A で出土した鉄製遺物の色調では褐色の下部に黒色を呈した腐食層の割合が高いことが認められた。

3.3 状態調査 以下、酸化的な環境下で腐食したと推察される No.3141、還元的な環境で腐食したと推察される No.6271 の腐食状態を示す。No.3141 は表層に褐色、その下層に黒色の腐食層が観察され、 μ -XRD では表層からは主に α -FeOOH、その下層からは Fe_3O_4 、 β -FeOOH が検出された。したがって、表層から α -FeOOH および Fe_3O_4 の層構造であり、 Fe_3O_4 層に β -FeOOH が点在していると考えられる。XRF による元素分布より表層が剥離した箇所では Cl が顕著に検出されており (図 2)、これは β -FeOOH の結晶構造中に含まれる Cl に由来すると考えられる。埋蔵時の腐食の過程で内部に集積した塩化物塩が保管時に潮解することで水膜を作り、この腐食の過程で、 β -FeOOH が形成されたと推察される。また、Hi-X 線 CT より、金属鉄はやや不均質に減肉していることが確認された。一方、No.6217 では μ -XRD より腐食層は FeCO_3 のみから構成されており、 μ -X 線 CT では腐食層は層構造が観察されず、均質な状態であった。また、XRF より、表層が残存している領域、および表層が剥離した領域においても Cl は検出されなかった (図 2)。Hi-X 線 CT より No.6271 は局所的に減肉していることが観察された。

3.4 発掘後の劣化特性に及ぼす埋蔵環境の影響 発掘後の鉄製遺物の劣化、すなわち内部への塩化物塩の集積と地下水中の Cl 濃度に相関は認められなかった。一方、酸化的な環境から出土したと推定される鉄製遺物では発掘後の割れが生じる傾向があり、元素分布から内部に塩化物が集積していることが認められた。したがって、酸化還元状態の埋蔵環境によって塩化物塩の集積の有無が変化すると考えられる。Selwyn らは腐食層の表層に α -FeOOH、内部に Fe_3O_4 を有する鉄製遺物の局部腐食³⁾により、塩化物塩がその内部に集積するモデル²⁾を提示している。このモデルは酸化的な環境から出土した鉄製遺物で α -FeOOH/ Fe_3O_4 の腐食層が観察され、Cl の集積による発掘後の割れが認められた本研究と整合すると考えられる。

4. まとめ
平城宮跡出土鉄製遺物の悉皆的調査と状態調査から、発掘後の劣化と埋蔵環境の関係を検討した。環境中の Cl 濃度と発掘後の劣化の有無に相関は認められず、酸化的な環境下に埋蔵された鉄製遺物で発掘後の劣化が生じる傾向にあった。このような鉄製遺物からは塩素が検出されており、酸化還元状態が発掘後の劣化特性に影響を及ぼす可能性が示された。

【謝辞】 本研究は、原子力発電環境整備機構 (NUMO) から (公社) 腐食防食学会が受託した委託事業「処分容器の長期腐食寿命評価の信頼性向上のための検討」において得られた成果の一部である。また、本研究の一部は JSPS 科研費 (22H02000、21K00998) の補助を受けた。ここに感謝の意を表す。

【参考文献】 1) 奈良国立文化財研究所, 1979, 平城宮整備調査報告書。2) Selwyn, L. et al., 1999, *Studies in Conservation*, 44, pp.217-232.

表 1 悉皆調査における状態の分類とその結果

悉皆調査の分類		割合[%]
金属部の残存状態	1: あり	83.6
	2: なし	16.4
腐食層の色調	1: 褐色のみ	25.2
	2: 褐色の下層に黒色	27.1
	3: 黒色、もしくは灰色のみ	43.8
	4: 赤色	3.9
発掘後の割れの有無	1: 割れが認められない	80.2
	2: 割れが認められる	14.1
	3: 割れが顕著に認められる	5.6

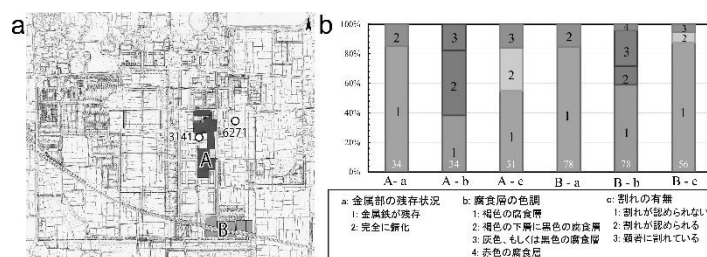


図 1 酸化的な領域 (a-A) と還元的な領域 (a-B) での鉄製遺物の悉皆的調査の結果 (b)

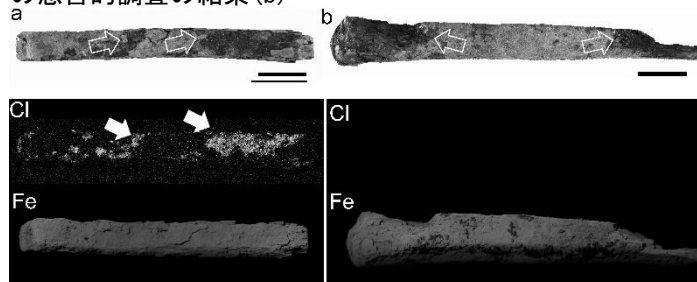


図 2 No. 3141 (a)、No. 6271 (b) の Cl、Fe の分布
白抜き矢印は表層の剥離、白矢印は Cl の検出箇所

室内保管したポリエチレングリコール（PEG）含浸出土木材の

50 年にわたる経年変化

Change of PEG-impregnated waterlogged wood preserved indoors over fifty years

○増澤文武（公益財団法人 元興寺文化財研究所）

Fumitake Masuzawa (Gangoji Institute for Research of Cultural Property)

1. はじめに

我が国の出土木製品の保存処理は 1961 年元興寺極楽坊境内で発掘された木製の中世庶民信仰資料の保存処理に始まった（辻村・水野：1962）。その後各種の保存処理法が検討されたが 1970 年前後に試みられた PEG 含浸処理法により試験片を作製し 1973 年以来室内に保管した 50 年にわたる経年変化を報告する。なお前報（増澤：2004）と重複部分があることをお許し頂きたい。

2. 試験片の作製

出土木材：東大阪市瓜生堂遺跡出土の弥生時代のカシ *Cyclobalanopsis*（直径 6.0~6.5cm）含水率 660%）の自然木の丸太から直方体（約 35 x 23 x 24mm）を作製した。

含浸処理：EDTA・2Na 水溶液で脱色後 PEG4000・PEG2000・PEG1500 の水溶液に浸漬し 100%まで 20%づつ濃度を上げそれぞれ PEG を含浸した。これら試験片は以後 PEG4000・PEG2000・PEG1500 と呼称する。なお、PEG4000 の 1 点についてはアルコールにより表面の PEG を除去し木材表面を表出した（PEG4000ST と呼称）。他に直接 PEG4000 溶解液に浸漬・含浸した試験片（PEG4000M と呼称）と比較例として無処理試験片（NT と呼称）を作製した。

3. 保管場所

下記場所に薄いボール紙の箱に入れ、試験片が近接しないようにして実験室・事務所の引出、あるいは金属ロッカー内および自室本棚の一面に保管した。場所は 1973.3~1977.1：奈良市内鉄筋コンクリートビル 2 階（現元興寺文化財研究所本部）、1977.1~1987.1：生駒市内鉄筋コンクリートビル 2 階（同上生駒分室）、1987.1~2003.3：同所軽量鉄骨ビル 2 階、2003.4~：奈良市内木造家屋 2 階自室である。上記研究所は勤務中ならびに自室は入室中、必要に応じて冷暖房がなされていたが除湿あるいは湿度調整はなされていない。

4. 各試験片の経年変化

外観の変化

PEG4000ST：高湿度が続くと暗色化が見られたが、明るく木質感は維持されている。

PEG4000：保存処理後全面黒褐色化し木質感を失う。高湿度が続くと吸湿しねっとりする。

PEG4000M：PEG4000 と同様で 27 年目以降側面が凹む。

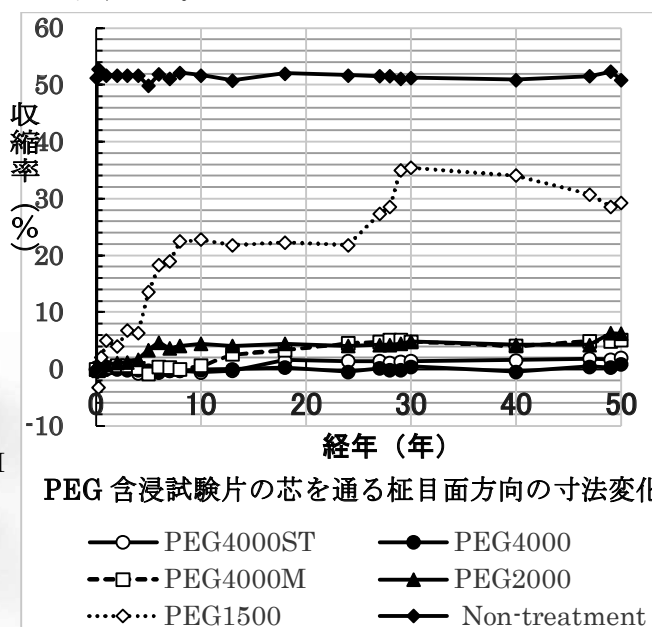
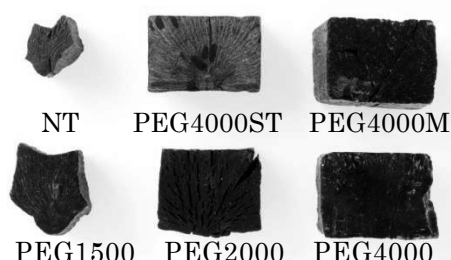
PEG2000：6 ヶ月以内に放射方向のクラック多数発生し吸湿し湿り気大。高湿度時吸着した水

滴が系外に滲出し染み発生。

PEG1500：吸湿により PEG 溶出を繰り返し収縮。1 年以内に柁目芯部分が突出し反対の板目部分は凹面となり NT の形態変化に追従。乾湿を繰り返しスポンジ状、乾燥し脆くなる。

NT：水から挙げると同時に乾燥開始。急激な重量減少と収縮を生じ、芯部が突出し反対側板目面が凹面となる。その後 50 年間ほとんど変化無し。

PEG 含浸処理後 50 年後の試験片



各試験片の稜の寸法変化

PEG4000 含浸試験片は 2~3% 以内の収縮が見られるが、PEG4000M は一部に 5% 程の収縮を生じた。PEG2000 は 8 年目で接線方向に 10% と収縮し芯を通る面が凸に、反対の接線方向の面が凹面に僅かに変形収縮した。一方、PEG1500、NT は、数字を挙げるまでも無く、著しい収縮で芯部が飛びだし、反対側の稜線が著しく凹み全く異なった形状となった。

5. 結 論

低分子量の PEG1500・2000 は本出土材には効果が無かった。両者に比べ吸湿性の少ない PEG4000 含浸出土材ならびに木質感を表出した出土材は 50 年にわたり形状と質感を維持した。PEG4000 含浸出土木製品は高湿度を避けた環境が求められるが、春夏秋冬気候変動のある勤務・生活空間での形状・質感維持が確認できたことは長期安定性に意味あるものと思われる。

謝 辞

本研究を進めるに当たり貴重な出土木材をご提供頂いた東大阪市瓜生堂遺跡調査会主任（当時）、中西靖人氏、助力頂いた（公財）元興寺文化財研究所、川本耕三氏、山口繁生氏、大久保治氏に心から謝意を表します。

文 献

- 辻村泰圓・水野正好（1962）南都元興寺極楽坊中世信仰資料包蔵坑発掘調査概要、大和文化研究[1]:1-24
 増澤文武・宮岸重好（2004）室内保管したポリエチレングリコール含浸出土木材の 30 年の経年変化、考古学と自然科学[47]:13-33

文化財保管施設としての既存建築物の再活用-山形県中山町の事例-

Study on the Reuse of Existing Buildings as Cultural

Property Storage Facilities

-Case Study in Nakayama-machi, Yamagata-

○佐々木淑美（東北芸術工科大学）

○Juni SASAKI (Tohoku University of Art and Design)

1. はじめに

公立博物館や地方自治体の多くが、既存の建築物を再活用して収蔵品や寄贈品等を分散保管している。地方には廃校や公民館、コミュニティセンター等といった既存建築物が多くあり、それらの再利用は経済性や環境配慮などの観点からも望ましい。また、収蔵品の分散保管は、災害リスクの回避、分散というメリットもあるが、費用の増大、管理や保存環境整備が難しいというデメリットもある。経済性から再利用を選択する場合の多くが、リノベーションや設備増設、十分な管理等を行うことができないため、文化財の保存に適した環境を実現できない。そうした場合に、どのように文化財にとって望ましい環境を実現するかが課題となる。

本発表では、空調を稼働できない既存建築物を文化財保管施設として再活用するために、内部環境の現状を把握し、課題と求められる機能の検討を試みたので報告する。

2. 収蔵スペース不足の問題

収蔵スペースの不足は、多くの博物館が抱える課題である。日本博物館協会の令和元年度版「日本の博物館総合調査報告書」によると、回答した博物館計 2,314 館のうち全体の 57.2%にあたる博物館が、収蔵庫の 9 割以上（ほぼ満杯）を使用している（33.9%）、あるいは収蔵庫に入りきらない資料があり（23.3%）、その割合は平成 25 年の調査時よりも増加しているという結果であった（図 1）。

収蔵に関わる問題への対応策として、①収蔵スペースの新設・増設、②一般室・既存建築物を再利用した外部分散保管、③収蔵品の

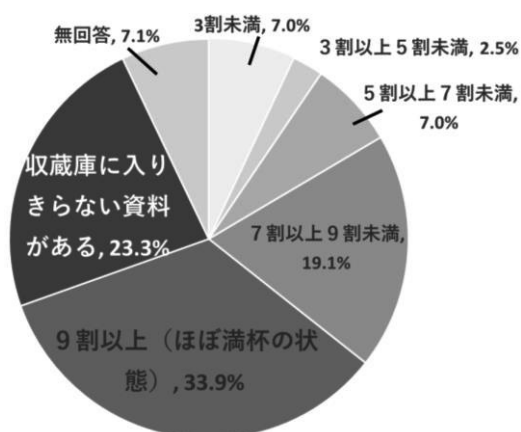


図 1 収蔵庫の状況－収蔵に用いられている割合－
（「博物館総合調査」参照のうえ申請者作成）

処分・譲渡等が講じられてきた。①は最も費用を要する対応策であり、ほとんどの博物館や地方自治体では容易に講じることができない。文化予算の確保が難しい状況において、廃校や公民館等といった既存建築物を収蔵品の一時保管場所や分散保管場所とする事例は多く、民間倉庫を利用する博物館もある。

また、同調査報告書によると、すでに外部に収蔵スペースを有する博物館は全体の 27.2%もあり、現状では有していない博物館の 31.9%も必要としていることがわかっている。特に、総合博物館、郷土資料を扱う博物館、歴史博物館の多くが、外部に収蔵スペースが必要な状況にある。

3. 既存建築物の再利用 - 中山町の事例 -

既存建築物を文化財の収蔵展示施設として再利用している事例を調べたところ、東北地方では廃校の再利用事例が 10 件、公民館等といった既存建築物の再利用事例が 16 件あることを確認した。一時的な保管施設等も含めると、さらに多くの事例があると考えられる。また上述の通り、外部に収蔵スペースを必要としている博物館や自治体も多いため、今後ますます増えていくだろう。

例えば、中山町が将来的に資料（民具等）を分散保管するために再利用したいと考えている施設は、空調設備（換気も含む）を稼働できない、旧集会所である。建物は住宅地にあり、木造 2 階建てで、窓は二重窓となっている。建物の一部は現在も使用されているが、資料を保管するために使用したい 1 階と 2 階の部屋は施錠し、管理者を配置する予定はない。1 階の部屋は建物の中で最も大きい部屋である。本来の使用目的が集会等であったため東西壁面には大きな窓が設けられており、取り付けられているブラインドは破損している（図 2）。この 1 階の部屋を対象として、令和 4 年 4 月から令和 5 年 6 月までの約 1 年間、温湿度計測、照度計測、捕虫トラップを用いた調査を行った。その結果、室内の温湿度は、外気と連動し変動していることがわかった。

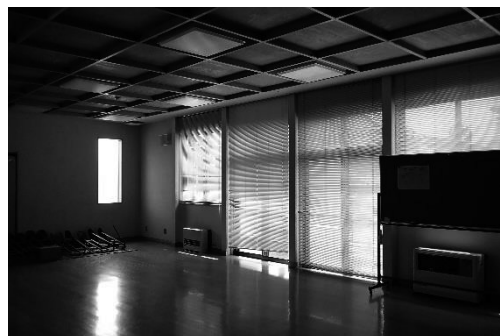


図 2 中山町 1 階の部屋（西面）

4. 課題と今後の展望

温湿度変動や虫の侵入など、現在生じている課題への適切な対策と今後の運用計画を検討し、保管施設として許容しうる環境にする必要がある。また、本来の用途とは異なり文化財保管施設へと変更したことに伴う物理的環境変化による影響もあらかじめ検討しておかなければならない。事例研究の蓄積を進め、無理なく収蔵品を分散保管するための方策を考えていく。

【参考資料】

日本博物館協会、2020 年 11 月、「令和元年度版日本の博物館総合調査報告書」

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

三内丸山遺跡「子供の墓」土遺構に発生した 外生菌根菌子実体の同定とその分布

Identification and distribution of fruiting body-forming ectomycorrhizal fungi on soil surface of the Burial graves for children, the Sannai Maruyama Site

○長尾理伶(茨城大学大学院農学研究科)、轟丈瑠(東京文化財研究所保存科学研究センター)、山田紀代美(東京文化財研究所保存科学研究センター)、
佐々木淑美(東北芸術工科大学芸術学部)、石崎武志(東北芸術工科大学文化財保存修復研究センター)、佐藤嘉則(東京文化財研究所保存科学研究センター)、
西澤智康(茨城大学大学院農学研究科)

○Rirei NAGAO, Takeru TODOROKI, Kiyomi YAMADA, Juni SASAKI,
Takeshi ISHIZAKI, Yoshinori SATO, Tomoyasu NISHIZAWA

1. はじめに

青森県にある三内丸山遺跡からは、縄文時代前期～中期の大規模な集落跡や多数の土器が出土している。その重要性から、2021年7月に三内丸山遺跡を構成要素とした「北海道・北東北の縄文遺跡群」として世界文化遺産に登録されている。一方で、露出展示で公開されている「子供の墓」土遺構において、近年キノコ(子実体)発生が常態化する問題が顕在化した。現在も遺構の定期清掃時に手作業で子実体を取り除いているが、根本的な解決には至っていない。そこで本研究では、土遺構表面に被害を及ぼしている子実体の発生機構を明らかにすることを目的として、土遺構の土壌理化学性分析と分子生物学的解析から、子実体の同定とその分布を推察した。



図1 「子供の墓」土遺構表面の子実体

2. 調査方法

2.1 土遺構の理化学性

三内丸山遺跡「子供の墓」の覆屋内部にはタイムラプスカメラが北と南に設置され、土遺構の様子を撮影している。2022年8月に、「子供の墓」から、前年に主に子実体の発生が確認された2地点をK1、K2とし(図2)、コアサンプラーを用いて表層から25 cmまでの土壌試料を採取した。採取した土壌を深さごと12画分に分画した後、各画分について理化学性として、全炭素(TC)・全窒素(TN)、pH測定を行った。各分画の試料名は、試料採取地点名_深さ/2とした。

2.2 土遺構の菌叢解析

分画した試料の表層部、中央部、下層部の3試料について、DNA抽出を行い、ITS2領域のメタ・ア

ンブリコンシーケンスに基づく深さの異なる地点の微生物群集構造解析を行った。メタ・アンブリコンシーケンスにより得られた塩基配列情報に基づき、95%の相同性で操作的分類単位(OTU:operational taxonomic unit)を作成し、OTUに基づく多変量解析で微生物群集構造を推定した。この結果と理化学性分析の結果を用いて R(version 4.2.1)の正準相関分析を行った。

2.3 子実体の同定

2023 年 7 月に「子供の墓」の K2 地点近傍から子実体を採取した。採取した子実体から、ISOPLANT II (ニッポンジーン、東京)を用いて DNA の抽出を行った後、ITS 遺伝子領域を対象とした ITS1 プライマー (5'- TCCGTAGGTGAACCTGCG -3') と、ITS4 プライマー (5'- TCCTCCGCTTATTGATATGC -3')を用いて PCR 増幅とシーケンス解析を行った。これらの解析で得られた塩基配列を、NCBI(<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>)の BLAST で相同性検索をし、近縁種の推定を行った。この遺伝子情報と、子実体の形態観察、胞子の顕微鏡観察の結果を合わせ、子実体の同定を行った。

3. 結果と考察

土壌 DNA のメタ・アンブリコンシーケンス解析から、*Scleroderma bovista* の ITS 領域と相同性の高い OTU が高頻度で出現した(図 3)。K1 地点および K2 地点(図 2)で共通して *S. bovista* の相対存在率は下層で高くなる傾向があった(図 3)。正準相関分析の結果、表層の真菌類群集構造と理化学性に相関は認められなかった。また、採取した子実体の ITS 領域の塩基配列を同定した結果、その相同検索から相同性 99.5%で *S. bovista* と分類同定し、メタ・アンブリコンシーケンス解析の結果と一致した。*S. bovista*は樹木根と共生する外生菌根菌として報告されている。外生菌根菌は、貧栄養な環境下において植物根圏で共生することで土壌から樹木への養分や水分の輸送などを担う一方、樹木から光合成産物として栄養源を受け取っている。このような生態学的な性質から、周辺樹木が子実体の発生と関連があることが推察され、露出展示土遺構の保存対策において周辺樹木の影響についても検討すべきであることが示唆された。今後、*S. bovista*と共生関係にある樹種の特定制や子実体形成の外的要因についても明らかにしていく必要がある。

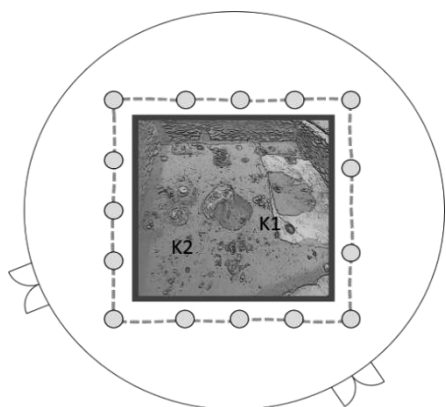


図 2 試料採取地点

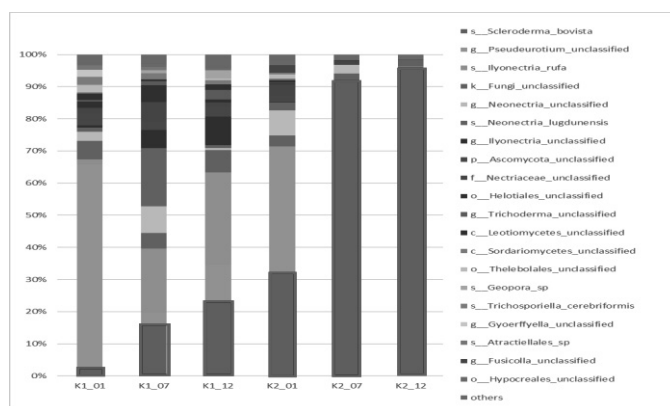


図 3 土遺構中の真菌類群集(種レベル)

[謝辞] 本研究を進めるにあたり、多大なるご支援、ご協力を賜りました、三内丸山遺跡センターの皆様にご深く御礼申し上げます。

文化財資料のカビ害に対する新規洗浄法の開発

Novel Cleaning-up Method for Moulds Growth of Museum Objects

○押鐘浩之（大阪大学）、谷野弘樹（同左）、坂本麻記子（同左）、安達宏昭（同左）、
井上豪（同左）、末森薫（国立民族学博物館）

○Hiroyuki OSHIKANE (Osaka University), Hiroki TANINO, Makiko SAKAMOTO,
Hiroaki ADACHI, Tsuyoshi INOUE, Kaoru SUEMORI (National Museum of Ethnology)

1. はじめに

カビ害は文化財資料の保存において極めて対処の難しい問題であり、不活性ガス処理後でも黒カビなどが生存し、資料に不可逆的な変色やシミを残す可能性がある。とりわけ近年の我が国での自然災害による文化財資料の浸水被害例も多く報告されており、後世に永続的に文化財を保存することを使命とする本研究分野において喫緊の課題と云える。

一般に、カビ害が確認された資料は隔離され、物理的または化学的方法で処理される。物理的方法としては、ドライクリーニングおよびウェットクリーニングが挙げられる。ドライクリーニングは資料を傷める可能性が低い方法であるものの、カビ胞子を完全に除去することは難しい場合が多い。一方、ウェットクリーニングはカビ胞子を除去できるが、資料のシワ・ヨレや新たなカビの発生等の二次被害を発生させない様に慎重に作業を行う必要がある。また、化学的方法の場合、エチレンオキシドやプロピレンオキシドなどの有機試薬が燻蒸剤として一般的に利用されているが、反応性が高く爆発性があるため、文化財資料だけでなく作業者にとっても危険が伴う。したがって、文化財資料に悪影響を及ぼさない、より安全で効果的な洗浄方法が長年望まれてきた。

本発表では、フッ素系溶媒をベースとした新規洗浄法について、疑似的資料を用いて実証したことを報告する。本方法は文化財資料を「濡らさない」ことを特長としており、資料に対して実質的に損傷を与えることなくカビ胞子を物理的に洗い流すことを可能としている。さらに、フッ素系溶媒と要時生成型亜塩素酸技術（MA-T: Matching Transformation System）とを組み合わせることにより、浸水被害を被った資料に対し効果的に水抜きしながら資料に付着するカビ類を殺菌することで、文化財資料のシワ・ヨレといった物理的変性に加え、変色・退色なども抑制することができるため、文化財資料からカビを安全かつ効果的に除去することが可能となり、文化財保存に対する貢献が大いに期待できると云える。

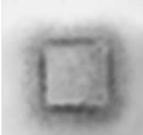
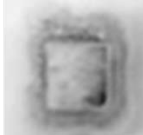
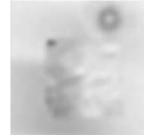
2. 材料・方法

疑似的資料として、1 cm 角に揃えオートクレーブ滅菌した洋紙、和紙、羊皮紙、牛皮、木片を、カビ種としてカビ害報告の多い真菌種 2 種（*Streptomyces flavus* (NBRC3359) および *Eurotium herbariorum* (NBRC33235)) を、防カビ剤・殺菌剤としてジフェニル、*o*-フェニルフェノール、チアベンダゾールおよび MA-T 溶液（アース製薬）を、フッ素系溶媒としてアサヒク

リン AE-3000（AGC 株式会社）用意した。マクファーランド 0.5 に濁度を調整した各カビ溶液に疑似的資料を浸漬させることで疑似的にカビ害を与えた後、防カビ剤・殺菌剤を混和したフッ素系溶媒で室温にて一晚浸漬させた。その後、高吸水性ポリマーマットで疑似的資料を挟んだものに新たにフッ素系溶媒を注ぎ、1 時間室温にて放置することで疑似的資料に含まれる水分を完全に吸水しながらフッ素系溶媒に置換することで、クリーニング済みの疑似的資料を得た。クリーニング済み疑似的資料はそのままポテトデキストロース寒天培地上に乗せ、30℃で 2 日間培養を行うことで防カビ・殺菌効果を確認した。さらに本クリーニング法による物理的変質の確認のために、本クリーニング処理前後の紙片について走査型電子顕微鏡（SEM：日本電子株式会社 JSM-F100）を用い 100 倍の倍率にて観察を行った。

3. 結果と考察

洋紙の例を取ると、水に浸して乾燥させた紙片と本処理を供した紙片とで処理前後の面積（収縮率）を比較したところ、水処理では 0.98（SD = 0.0087）であったのに対し、本処理では 0.99（SD = 0.0053）であり、本方法により収縮率を減弱できることが確認できた。次に下図に示す様に、殺菌効果において MA-T 溶液では 100 ppm で充分であったが、各防カビ剤は 1,000 ppm の濃度を要することが分かった。また、MA-T は人体に無害であることも確認されていることから、フッ素系溶媒を主とする本クリーニング法における MA-T 溶液との組み合わせの優位性が窺えた。さらに SEM による本処理前後の紙片の観察では明らかな差異は見出せなかったことから、資料に対して本処理が物理的損傷を実質的に及ぼさないことが微視的にも確認された。

カビ種	Novec+MA-T					
	0 ppm -control	1 ppm	10 ppm	100 ppm	1,000 ppm	10,000 ppm
<i>Streptomyces flavus</i> (NBRC3359)						
<i>Eurotium herbariorum</i> (NBRC33235)						

2 days @30°C
on Potato Dextrose Agar

4. 今後の展望

本報告では疑似的資料を用い、浸水被害の遭遇を仮定した試験結果について報告を行った。今後、実際に浸水被害を被った資料を用いて本方法論の有効性の実証を行っていきたいと考えている。

文化財建造物を加害するシバンムシ類のフラスを用いた PCR 検査法

PCR detection for wood-boring insects from their frass

○轟丈瑠（東京文化財研究所）・島田潤（東京文化財研究所）・篠崎（矢花）聡子（科学技術振興機構）・小峰幸夫（奈良国立博物館）・原田正彦（日光社寺文化財保存会）・廣原嵩也（株式会社 KANSO テクノス）・原拓也（株式会社 KANSO テクノス）・川本邦男（株式会社 KANSO テクノス）・藤原裕子（京都大学）・藤井義久（京都大学）・佐藤嘉則（東京文化財研究所）

○Takeru TODOROKI, Megumi SHIMADA, Satoko SHINOZAKI-YABANA, Yukio KOMINE, Masahiko HARADA, Takaya HIROHARA, Takuya HARA, Kunio KAWAMOTO, Yuko FUJIWARA, Yoshihisa FUJII, Yoshinori SATO

1. はじめに

文化財害虫による文化財建造物の木材被害は、強度の低下や価値の減少につながる。被害が確認されたら可及的速やかな対処が望まれるが、シバンムシ類に代表される甲虫による被害の場合、幼虫期は木材の内部で穿孔食害し、成虫になると移動能力が高く、確認できる時期も限られているため、被害の早期発見や加害種の特定は困難である。このような課題に対して、篠崎ら（2022）は竹材害虫を対象として、害虫のフラス（排泄物や材の細かい削りかすが混ざったもの）由来の DNA から PCR 法によって加害種を特定する方法について報告した¹⁾。

本研究では、PCR 法によって加害種を特定する方法をさらに発展させるため、木造の文化財建造物を加害する 6 種のシバンムシ類を対象とした PCR 検査法について検討した。

2. 材料と方法

2-1 フラスを用いた PCR 検査法の原理と対象とした害虫

まず外部形態に基づいて種の同定を行い、標本から脚や後翅の一部を採取した。そこから DNA を抽出し、分類の指標となる DNA 塩基配列の解読を行った。塩基配列を解読した後に、配列の中からその種のみが持つ固有の配列を見つけ出し、PCR 検査に用いるための種特異的プライマーを設計した。種特異的プライマーを用いた PCR では、標的となる種の DNA のみが増幅される。フラス試料由来の DNA について、設計した種特異的プライマーで PCR を行い、DNA 増幅産物の有無を確認することで、標的とする種の DNA がフラス試料中に含まれているか判定することができる。

本研究では、かねてより木材からなる文化財を広く加害する種として知られているケブカシバンムシ²⁾と、栃木県日光市の文化財建造物で加害種と考えられているオオナガシバンムシ、クロトサカシバンムシ、チビキノコシバンムシ、エゾマツシバンムシ、アカチャホソシバンムシ³⁾を対象とし、それぞれについて種特異的プライマーの設計を行った。

2-2. 種特異的プライマーの設計と有効性の確認

種特異的プライマーは Primer3Plus (<http://primer3plus.com/cgi-bin/dev/primer3plus.cgi>) を用い

て、既報と同じ手法¹⁾で設計した。種特異的なプライマーの有効性については、標的とする種の体の一部から抽出した DNA について PCR によって増幅産物が得られるか、逆にその他 5 種から抽出した DNA では増幅産物が得られないかについて確認した。

2-3. フラス試料を用いた PCR 検査

フラス試料は、人工飼育しているケブカシバンムシのフラス（以下、飼育フラス）、甲虫害が確認された材木から採取したフラス（以下、木材フラス）を実験に供した。なお木材フラスからは、フラスに混ざってオオナガシバンムシの幼虫が確認されている。さらに、2021 年 11 月から 2022 年 9 月にかけて、栃木県日光市の文化財建造物から採取された加害種が不明のフラス（以下、屋外フラス）10 試料を実験に供した。フラスからの DNA 抽出は、DNeasy® Plant Mini Kit (QIAGEN) を用いて標準的なプロトコールに従って行った。その後、設計した 6 種の種特異的プライマーを用いて PCR を行い、DNA 増幅産物の有無を確認した。

3. 結果と考察

3-1. 種特異的プライマーの検証

ケブカシバンムシを標的として設計したプライマーを用いて、ケブカシバンムシから抽出した DNA について PCR を行った結果、DNA 増幅産物を確認することができた。得られた増幅産物は確認のために塩基配列解析を行ったところケブカシバンムシの遺伝子と同一であった。このとき、同じプライマーでその他の 5 種のシバンムシから抽出した DNA について PCR を行ったが、いずれも増幅産物は確認されなかった。したがって、ケブカシバンムシ特異的プライマーはケブカシバンムシの DNA のみを検出できることを確認した。同様に残り 5 種の特異的プライマーについても検証し、標的となる種のための DNA を検出できることを確認した。

3-2. フラス試料を用いた PCR 検査

飼育フラスでは、ケブカシバンムシ特異的プライマーを用いた場合でのみ PCR 増幅産物が確認できた。そして、その他のシバンムシ 5 種に特異的なプライマーでの PCR では増幅産物が確認されなかった。この結果から、フラス中にケブカシバンムシの DNA が含まれており、PCR 検査によってフラスから加害種であるケブカシバンムシが検出可能であることが示された。同様に、木材フラスでは、オオナガシバンムシ特異的プライマーを用いた場合でのみ DNA 増幅産物が確認できた。これは、被害材の加害種がオオナガシバンムシであることを裏付ける結果となった。さらに、屋外フラス 10 試料の内、4 試料でエゾマツシバンムシ、オオナガシバンムシ、クロトサカシバンムシの特異的プライマーで DNA 増幅産物が確認され、本研究で示したフラスを用いた PCR 検査法が、実際に被害が確認されている文化財建造物においても加害種の推定に役立つことが示された。

- 1) 篠崎（矢花）聡子；小峰幸夫；島田潤；佐藤嘉則. 竹材から得たフラスを用いて加害種を特定する分子生物学的手法の確立. 保存科学. 2022、61、1-12.
- 2) 新井英夫；森八郎；原田豊秋. 重要文化財増上寺三解脱門の燻蒸. 保存科学. 1972、9、55-61.
- 3) 小峰幸夫；林美木子；木川りか；原田正彦；三浦定俊；川野邊渉；石崎武志. 日光の歴史的建造物で確認されたシバンムシ類の種類と生態について. 保存科学. 2011、50、133-140.

日本列島南部ボカシ地域における土器残存脂質と動植物利用

Animal and plant use in the *Bokashi* area in Southern Japan examined by pottery lipid residue

○庄田 慎矢（奈文研・ヨーク大）、村上 夏希（奈文研）、中村 直子（鹿児島大）、
リュキャン アレクサンドル（ヨーク大）、タルボット ヘレン（同左）、鈴木 美穂（奈文研）、
クレイグ オリヴァー（ヨーク大）、高宮 広土（鹿児島大）

○Shinya SHODA, Natsuki MURAKAMI, Naoko NAKAMURA, Alexandre LUCQUIN,
Helen M. TALBOT, Miho SUZUKI, Oliver E. Craig & Hiroto TAKAMIYA

1. はじめに

種子島・屋久島を中心とする南島北部圏の先史文化は「南のボカシの文化」と呼ばれ（藤本 1988）、本州の弥生時代以降の稲作文化圏と、南島中部圏の貝塚時代後期の狩猟・採集・漁撈文化圏との間に位置するユニークな歴史的環境を持つ。しかし、同地域における農耕・家畜飼育の開始時期や交易・交流の様相、そして自然環境の変化については、未解明な部分が極めて多いのが現状である。その一因は、動植物遺体が残りにくい環境にあると考えられる。そこで本研究では、遺跡から普遍的に出土する土器を題材とし、そこに遺された有機物を分析することにより、当該地域・時期における動植物利用に関わる情報を得ようと試みた。

2. 試料と方法

西之表市教育委員会（2014）調査および小浜貝塚調査団（2023）調査で出土した、弥生時代週末から古墳時代初頭に位置づけられる土器片を対象とした。ジクロロメタンに浸して超音波洗浄（5 分 × 3 回）したドリルビットを装着した電動ドリル（ドレメル ハイスピードロータリー ツール 4000）を用い、分析対象とした土器片の内面側の表面（厚さ 1 mm 以下）を除去した後、ドリルビットを交換し、試料ごとに 2 g 程度の粉末試料を削り出して（表面からの深さ 2–5 mm 程度）採取した。また、試料間での汚染を防ぐため、各試料の間でも毎回ドリルビットを交換した。分析点数は 29 点である。

残存脂質の抽出には酸抽出（Craig et al. 2013）および溶媒抽出法（Evershed et al. 1990）を用い、GC-MS による残存脂質濃度の定量化および生物指標の同定（Shimadzu GCMS-QP2010Ultra：奈文研）、GC-c-IRMS による個別脂肪酸の安定炭素同位体比の測定を行った（Agilent 7890B - Isoprime GC5 interface - Isoprime 100：ヨーク大学）。紙面の都合上、分析条件については省略する。

3. 結果

残存脂質の濃度の平均値は 112 $\mu\text{g g}^{-1}$ 、中央値は 44 $\mu\text{g g}^{-1}$ であり、酸抽出した全ての試料にお

いて、分析に適する最低値の目安である $5 \mu\text{g g}^{-1}$ (Craig et al. 2013) 以上であった。キビの生物指標として用いられるミリアシン (Heron et al. 2016) や水生生物指標 (Bondetti et al. 2021) は検出されなかった。また、植物の明瞭な寄与を示すとされる P/S 値が 4 を超えるもの (Dunne et al. 2016) も見られなかった。一方、個別脂肪酸の安定炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}_{16:0}$ および $\delta^{13}\text{C}_{18:0}$) から、海産資源および反芻・非反芻陸生動物の脂質に対応する値が得られ、幅広い食料資源を利用していた様子が把握された。

4. 考察

近隣の中ノ島に位置する宮水流遺跡出土の弥生時代併行器の土器に対する分析結果 (庄田ほか 2021) からは、反芻動物を含む陸獣や海産物、C3 植物が混合されている様子が把握された。この例よりもやや時代が下る本研究においても同様の傾向が見られたことは、南のボカシ地域における土器を用いた調理の特徴が良く表れている証左かもしれない。今後分析事例を蓄積することで、さらに具体的な資源利用の実体を明らかにしていきたい。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 21H04362 (高宮)、21H04370 (庄田) の助成を受けたものです。また本研究の実施にあたり、以下の機関、方々からご協力を賜りました。記して感謝いたします。西之表市教育委員会、沖田純一郎、中園愛、八重垣幸絵。

引用文献

- 鹿児島県西之表市教育委員会 2014『奥ノ仁田遺跡・長迫遺跡・二石遺跡・小浜貝塚・種子島家屋敷内』
- 庄田慎矢・新里貴之・鈴木美德・高宮広土・タルボット=ヘレン・クレイグ=オリヴァー 2021「土器残存脂質による貝塚文化北限地域における動植物資源利用の復元」『文化財科学』83、55-76
- 中村直子・新里亮人・山野ケン陽次郎・竹中正巳・黒住耐二・樋泉岳二・庄田慎矢・新里貴之・寒川朋枝・高宮広土 2023「種子島小浜貝塚 -2023 年の発掘調査を中心に-」『2023 年度鹿児島県考古学会総会・研究発表会』、41-42
- 藤本強 1988『もう二つの日本文化』東京大学出版会
- Bondetti, M., Scott, E., Courel, B., Lucquin, A., Shoda, S., Lundy, J., Labra-Odde, C., Drieu, L., & Craig, O. E. 2021. Investigating the formation and diagnostic value of ω -(o-alkylphenyl)alkanoic acids in ancient pottery. *Archaeometry*, 63(3), 594–608.
- Craig, O. E., Saul, H., Lucquin, A., Nishida, Y., Taché, K., Clarke, L., Thompson, A., Altoft, D. T., Uchiyama, J., Ajimoto, M., Gibbs, K., Isaksson, S., Heron, C. P., and Jordan, P. 2013. Earliest evidence for the use of pottery. *Nature* 496(7445), 351–354.
- Heron, C., Shoda, S., Breu Barcons, A., Czebreszuk, J., Eley, Y., Gorton, M., Kirleis, W., Kneisel, J., Lucquin, A., Müller, J., Nishida, Y., Son, J.-H., & Craig, O. E. (2016). First molecular and isotopic evidence of millet processing in prehistoric pottery vessels. *Scientific Reports*, 6, 38767.
- Dunne, J., Mercuri, A. M., Evershed, R. P., Bruni, S., & di Lernia, S. 2016. Earliest direct evidence of plant processing in prehistoric Saharan pottery. *Nature Plants*, 3, 16194.
- Evershed, R. P., Heron, C. and John Goad, L. 1990. Analysis of organic residues of archaeological origin by high-temperature gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry. *The Analyst* 115(10). 1339–1342.

飛ノ台貝塚出土土器の残存脂質分析

-縄文時代早期貝塚における煮炊き-

Lipid analysis in pottery from Tobinodai archaeological site

○宮田佳樹（東京大学総合研究博物館）、畑山智史（船橋市飛ノ台史跡公園博物館）、
福井淳一（（公財）北海道埋蔵文化財センター）、風間智裕（駒澤大学）、
宮内信雄（東京大学総合研究博物館）、小澤仁嗣（東京大学総合研究博物館）、
堀内晶子（元国際基督教大学）、村本周三（北海道教育庁）

○Yoshiki MIYATA (The University Museum, The University of Tokyo), Satoshi HATAKEYAMA (Tobinodai Historic Site Park Museum), Junichi FUKUI (Hokkaido Archaeological Operations Center), Tomohiro KAZAMA (Komazawa University), Nobuo MIYAUCHI (The University Museum, The University of Tokyo), Hitoshi OZAWA (The University Museum, The University of Tokyo), Akiko HORIUCHI (Former International Christian University), Shuzo MURAMOTO (Hokkaido Office of Education)

はじめに

飛ノ台貝塚（千葉県船橋市）は、縄文時代早期後葉（8500～8000 年前）に出現した貝塚である。野島式、鵜ヶ島台式、茅山下層式などの条痕文土器が「炉穴」、「住居跡」などから出土している。特に「炉穴」は、考古学史上初めて発見された遺跡である。実際にどうやって利用されていたのかに関して、いくつかの仮説が提示されつつも未だに議論がある。はたして、土器を炉穴にはめて、「煮」たり、「蒸」したりといった調理を行っていたのか（図 1 (a)）、あるいは、直火で食材を焼いていたのか（図 1 (b)）に関して、具体的に検証を行う必要がある。

そこで、本研究の目的は、1) 飛ノ台貝塚の「炉穴」や「住居跡」などから出土した、考古学的には完形とされる土器を iPad Pro で 3D 撮影することでスス・コゲ使用痕観察を行い、調理方法を推定し、2) その土器を脂質分析（①バイオマーカー分析、②分子レベル炭素同位体分析）することで、煮炊き内容物の選択状況を推定し、実際に、「炉穴」の機能について具体的に検討を行うことである。

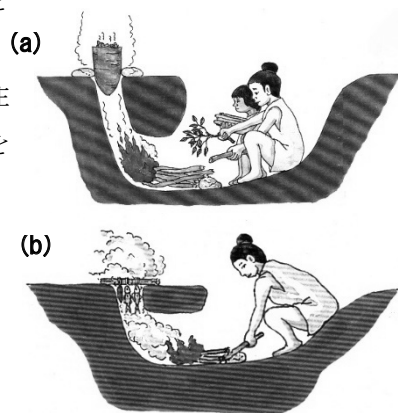


図 1. 炉穴での煮炊きの想像図
(a)土器で「煮」・「蒸」などしている場合、(b)直火で食材を焼く場合

1. 土器試料と実験方法

野島式、野島式併行（8500～8400 年前）、鵜ケ島台式（8400～8100 年前）、茅山下層式（8100～8000 年前）の完形土器 9 個体（17 試料）の胎土を採取した。次に、メタノールと硫酸を用いる酸触媒直接メチル化法（Correa-Ascencio & Evershed (2014)；Papakosta et al. (2015)）で、土器に残存する脂質を抽出し、バイオマーカー解析を行った。さらに、パルミチン酸・ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成を分析し、現生生物から推定される各生物グループと比較して、残存有機物の起源推定を行った（Horiuchi et al. 2015）。実験操作は、全て東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析室（MALT）で行った。

2. 結果と考察

飛ノ台貝塚から出土した土器胎土の分子レベル炭素同位体組成を、土器型式毎にプロットして、バイオマーカー解析結果とあわせて検討した。図 2 の高い同位体組成を示す、海棲動物の領域にある 6 試料は、全て、水棲動物のバイオマーカーであるプリスタン酸、フィタン酸、TMTD などのイソプレノイド類が 2 種類以上、かつ、不飽和脂肪酸が 270℃、ないし、300℃以上加熱されて生成する炭素数 16、18、20、22、24 のアルキルフェニルアルカン酸類（APAAs）が 3 種類以上検出されており、海産物と推定される。一方、相対的に、低い同位体組成を示し、非反芻動物の領域にある 3 試料は、イソプレノイド類が 1 種類以下、炭素数 18 以下の APAA しか検出されないため、陸棲動物の影響が強いと推定される。図 2 に関して、いわゆる 8.2ka イベントの寒冷化前の時期に相当する野島式、野島式併行土器期（8500～8400 年前）は分子レベル炭素同位体組成が高く、海棲動物の影響が強い。一方、8.2ka イベント、その後の寒冷化が回復していく、鵜ケ島台式（8400～8100 年前）、茅山下層式期（8100～8000 年前）は、非反芻動物から海棲動物の領域まで、多様性のある食材選択を行っていたことを示唆する（植物質マーカーは通時的に検出されているため、若干量の植物の影響は常にある）。今後、煮炊き内容物の選択とその変遷に、土器使用痕観察などの観点も加含めて、「炉穴」など遺構の機能に関して検討を行う。

謝辞 試料採取にご協力頂いた飛ノ台史跡公園博物館の方々に謝意を表す。本研究は、文科省科研費学術変革（A）「土器の年代と使用法の化学的解明」（研究代表者 国木田大；20H05813）、及び、基盤（B）「キビと水棲動物利用マップの作成ー脂質バイオマーカー分析から探る弥生時代の食性ー」（研究代表者 宮田佳樹；23H00708）の成果の一部である。

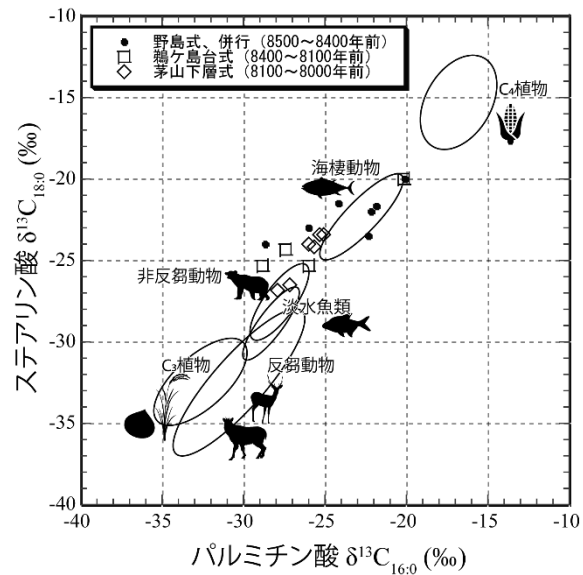


図 2. パルミチン酸、ステアリン酸の分子レベル炭素同位体組成を、現生日本産生物データと比較。現生生物から推定される各端成分の領域を楕円で示した。

煮沸を目的としないと考えられる 縄文土器の器種の残存有機物分析

Case study on organic residue analysis for forms of jomon pottery thought not to be used for boiling.

○宮内信雄（東京大学総合研究博物館）、堀内晶子（前 国際基督教大学）、
小澤仁嗣（東京大学総合研究博物館）、菅沼亘（十日町市博物館）、
中村耕作（国立歴史民俗博物館）、山岸洋一（糸魚川市教育委員会）、
三好清超（飛騨市教育委員会）、吉田邦夫（東京大学総合研究博物館）、宮田佳樹（同左）
○Nobuo MIYAUCHI (The University Museum, The University of Tokyo (hereinafter called UMUT)),
Akiko HORIUCHI (ex-International Christian University), Hitoshi OZAWA (UMUT),
Wataru SUGANUMA (Tokamachi city museum),
Kosaku NAKAMURA (National Museum of Japanese History),
Yoichi YAMAGISHI (Itoigawa city board of education), Seicho MIYOSHI (Hida city board of education),
Kunio YOSHIDA, Yoshiki MIYATA (UMUT)

1. はじめに

有孔罌付土器、釣手土器、蓋形土器などをはじめとする、煮沸を目的としないと考えられる縄文土器の器種の個体がどのように使われていたのか、発表者は付着炭化物や胎土資料の炭素・窒素安定同位体分析や脂質（残存有機物）分析による推定結果をこれまでいくつか報告してきた。今回も新たに分析事例を加えることができたので、報告を行う。

2. 分析資料と方法

今回の分析資料は5点である。母資料の器種は、有孔罌付土器と釣手土器である。有孔罌付土器は、新潟県十日町市野首遺跡から出土した、縄文時代中期中葉の2点それぞれの内面付着炭化物（NGNK-70、NGNK-93）と、東京都三鷹市国際基督教大学構内遺跡群 Loc. 10 出土の中期末葉の1点の胎土（TKICU-20）の、計3点の分析を行った。釣手土器は、新潟県糸魚川市岩野B遺跡出土の中期末葉の1点の内底面付着炭化物（NGIWB-01a）と、岐阜県飛騨市島遺跡出土の中期末葉の1点の外面付着炭化物（GFSM-01b）の、計2点の分析を行った。

炭素・窒素安定同位体分析のための EA-IRMS、抽出した有機物の検出・同定（バイオマーカー分析）のための GC-MS、個別脂肪酸（パルミチン酸(C_{16:0})、ステアリン酸(C_{18:0})）の分子レベル炭素同位体比（CSIA）の測定のための GC-C-IRMS は、東京大学総合研究博物館タンデム加速器分析室設置の機器を用いた。脂質（残存有機物）の抽出には、酸メタノール法を用いた。

3. 有孔罌付土器の分析結果

NGNK-70 と NGNK-93 の炭素・窒素安定同位体分析結果は、既に当該遺跡の調査報告書にて報告済みである。NGNK-70 はサンプル量が足りず $\delta^{15}\text{N}$ の測定ができなかったが、その他は両者同程度の値で $\delta^{13}\text{C}$ は -24.0‰、C/N は 30 を超える程度だった。NG-93 の $\delta^{15}\text{N}$ は、7.3‰だった。今回は脂質（残存有機物）分析のみ実施した。いずれも特徴的なバイオマーカーは検出されなかった。CSIA は、NGNK-70 は C₃ 植物の範囲（1 σ ）の外縁に接するような値であった。炭素・窒素安定同位体分析の結果と併せ考えると、炭化物の由来は C₃ 植物主体と推定される。NGNK-93 は非反芻動物の範囲に近い。炭素・窒素安定同位体分析では $\delta^{15}\text{N}$ が C₃ 植物のみと考えるに

は大きめだったことを踏まえると、 C_3 植物を主体としつつ非反芻動物を含む炭化物であったと捉えるのが無理のない解釈であろう。

TKICU-20の母資料は有孔罌付壺、あるいは注口というべき特徴的な形状である。バイオマーカーとしては、長鎖のアルカンなど植物を示唆する指標が検出されている。270℃以上の加熱によって生成される APAA は検出されなかった。母資料は一破片であるが、二次被熱痕跡は確認できず、火にかけられる機会がなかった可能性を窺わせる。CSIA は非反芻動物と反芻動物の範囲の中間的な値であった。

4. 釣手土器の分析結果

NGIWB-01aの炭素・窒素安定同位体分析結果は、サンプル量が足りず $\delta^{15}N$ の測定ができなかったが、 $\delta^{13}C$ は -26.4‰、C/N は 100 を超え、タンパク質をほとんど含まないと推定される。脂質（残存有機物）分析では、炭素数 16、18、20 のアルキルフェニルアルカン酸（APAAs）とアルキルシクロペンチルアルカン酸が検出された。いずれも不飽和脂肪酸が熱を受けて生成される化合物で、試料が被熱した証拠である。炭素数 20 の APAAs は水棲動物に特徴的なバイオマーカーである。CSIA の値は非反芻動物の範囲にあり、仮に水棲動物が含まれていても、寄与率は主体的なものではなかったと思われる。釣手土器の内面炭化物は一般的に灯火具利用により付着したと推定されているが、古今を問わず灯火具利用された試料の CSIA は、文献などから C_3 植物由来の油脂と推定されても、これまでの測定例では非反芻動物の範囲に分布するケースが多い。直火を受けたことによる変成などいくつかの可能性が推測されるが、NGIWB-01a においても同様に、炭化物の由来の本来に比べて同位体比が変動していることも十分に考慮される。

GFSM-01b の炭素・窒素安定同位体分析結果は、 $\delta^{15}N$ が 15‰弱であった。CSIA の値は海棲動物の範囲にある。バイオマーカーは、長鎖アルカンやワックス類など植物質に起因する可能性を窺わせるもののみが検出された。炭素・窒素安定同位体分析の結果だけを見れば、GFSM-01b の同位体比は、煮沸具の外面でよく見られる値と共通する。すなわち、 $\delta^{15}N$ と C/N が大きい傾向があり、 $\delta^{15}N$ が大きいのは直火を受けたことによる変成が疑われる。母資料は火災住居から出土しており、本来の使用でない機会に火熱を受けたものと思われ、熱変成があったとするならば強い作用を受けていた蓋然性が高い。CSIA にしろ、灯火具に関わる炭化物は先述のように何らかの理由で値が大きくなる可能性がある。また、測定結果への影響があったとしてもわずかなであろうが、住居の構成材の資料への混入も考慮される。同位体比の結果で以て海棲動物が含まれていたかどうかを推定するのは慎重にならざるを得ないであろうし、今回の測定結果で内容物の推定を行うことは困難である。

5. まとめ

管見では有孔罌付土器の脂質（残存有機物）分析は今回が初例である。有孔罌付土器の用途として、太鼓、酒造具、貯蔵具などの説が挙げられる。炭化物が付着する例は一定数あれどごく僅かで、イレギュラーな事例でどのような内容物が用いられたのか、さらに追求できたことは成果である。他方、胎土を利用できるのは脂質（残存有機物）分析の大きな利点で、一般的な有孔罌付土器の使用法の推定のために、今後さらに測定例を積み上げてゆきたい。

釣手土器は、特に NGIWB-01a は既測定例と大きな相違はなかった。しかし、僅かな寄与ながら海棲動物を含む可能性が得られた点は、注目できる。これまでは内陸部の遺跡の出土資料を対象としていたが、海沿いの岩野 B 遺跡では微妙に内容物に相違があったのかもしれない。

本研究は科研費学術変革領域研究(A)20H05813 および基盤研究(B)23H00708 成果の一部である。
(紙幅の都合により引用文献の掲載は割愛した。)

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

主食のウルチ米を蒸す地域のアミロース比率の分析：

北タイ山地民とジャワの比較

Reasons for the selection of normal rice steaming based on
amylose analysis

○小林正史（金沢大学古代文明文化資源学研究所）、星野友紀（山形大学）、白石哲也（同左）
○Masashi KOBAYASHI(Kanazawa univ.), Tomoki HOSHINO, Tetsuya SHIROISHI (Yamagata univ.)

1. 目的と先行研究

ゾミア山地民とジャワ地域において蒸したウルチ米を主食とする理由を解明することを目的として、食文化フィールドワークにおいて採集した北タイ・ゾミア山地民、ジャワ地域のバリ島民、ラオス・オイ族（炊飯のみの比較例）の米サンプルのアミロース分析を行った。

筆者らの民族考古学的調査において、炊飯に比べて2倍の薪燃料を消費するにも関わらず、ウルチ米を蒸す理由として、「粘り気度が極端に異なるウルチ米タイプを混合する場合、炊飯では適切な水加減と茹で時間を設定できない。このため、水加減や茹で時間で失敗するリスクがない蒸し調理を選択した」、「1回の米調理量が多いと炊飯では水加減で失敗するリスクがあるのに対し、蒸し調理では失敗しない」という2点が指摘されてきた（小林・久保田 2021、小林 2020）。本稿では民族誌の米試料のアミロース分析において前者の要因を検証する。

2. 分析方法

①米サンプル採取：調理観察を行った世帯などにおいて、炊飯に用いた米品種などを採取した。殻を除去した白米（ヌカが一部残る半搗き玄米も多く含まれる）の状態が多い。

②分析前に各サンプルから完形の3粒を選択し、長さと幅を計測。ヌカの残り具合を記録。

③計量： 殻付きのサンプルはもみ殻を外し、1サンプルの0.05mgと1gを正確に計量。

④精米・粉末化： 一般的に食される精米された米を対象に、食感の数値として重要となるアミロース含量を測定したいので、10%精米した米のアミロース含量を測定した。精米済みのサンプルは、そのまま粉砕した。

⑤アミロース比率の計測：サンプル量に応じて、可能な限り1サンプルあたりN=3で分析できるようにサンプルを分割。山形県農業試験場で計測した。

3. 分析結果

N=3で計測したサンプルはほとんどサンプル間の差もなく、再現性よく解析できている。モチ性であるアミロース0%から、高アミロース系統である35%程度のものまであった（図1）。ちなみに、最も最も粘り気が強いウルチ米を主食とする日本では、平均値17%で上下2～3%の範囲に大半が分布する。図1から以下の事実が観察された。

ゾミア山地民（アカ族、ラフ族、モン族）の伝統米（斜面耕地で栽培される陸稲）はラオス・オイ族（湯取り法炊飯のみで、ウルチ米蒸しなし）やバリ島民（二度蒸し法が伝統的方法）の伝統米（水稻）に比べてアミロース比率が低い（粘り気が強い）傾向が見いだされた。

次に、ゾミア山地民の中ではアカ族（二度蒸し法）の伝統米はラフ・シェレ族（日常調理では二度蒸し法から茹で蒸し法に転換）やモン族（茹で蒸し法）の伝統米よりも粘り気の強い傾向がみられた。アカ族の陸稲栽培ではウルチ米にモチ米が自然にコンタミすることが頻繁に起こり、分析した米サンプルにおいても伝統的ウルチ米サンプルに少量のモチ米（白く濁っている）が混入している例がみられた。

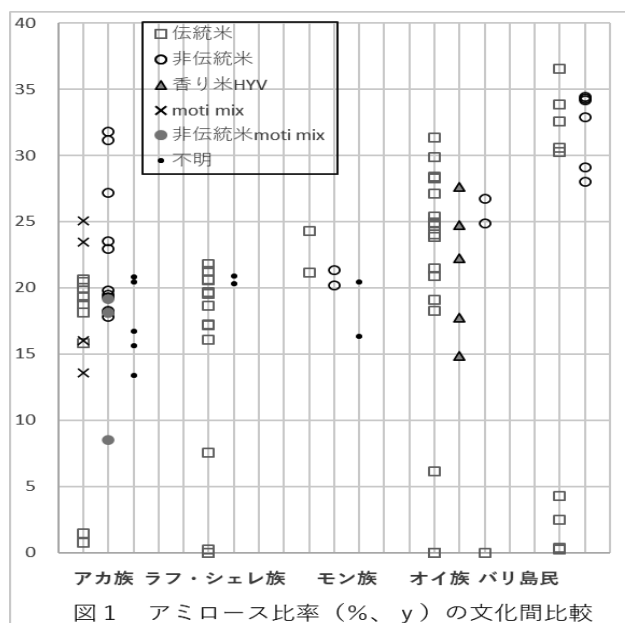


図1 アミロース比率(%, y)の文化間比較

モチ米が自然にコンタミすることが頻繁に起こり、分析した米サンプルにおいても伝統的ウルチ米サンプルに少量のモチ米（白く濁っている）が混入している例がみられた。

4. ウルチ米を（炊くのではなく）蒸す理由

最も重要な選択理由について、民族間で以下の違いが指摘される。第一に、蒸したウルチ米を主食とするゾミア山地民は、東南アジアの中では粘り気度の強い（アミロース比率 18～22）伝統米を用いることが特徴といえる。よって、ウルチ米蒸しを選択した理由として、「軟らかめの米の煮崩れを防ぐこと」が重要であったことが裏付けられた。

第二に、ゾミア山地民の中では、アカ族（二度蒸し法）の方がモン族（茹で蒸し法）よりも粘り気が強い傾向がみられた。この理由として、アカ族では、モチ米のコンタミが顕著であることが指摘される。この特徴は、山地民の伝統米が斜面耕地での陸稲栽培であることと深く関連する。そして、アカ族はモン族やジャワ地域に比べて一回の米調理量が少ない（世帯規模が小さい）ことから、「粘り気度が異なるコメ品種の混合」がウルチ米を選択した最も重要な要因であったと考えられる。この点は、アカ族が用いる二度蒸し法は、茹で蒸し法よりも、粘り気の強い品種と弱い品種が混合しても失敗するリスクが低いことから裏付けられる。

第三に、モン族では、父系的大家族制度のため1回の米調理量が多いことがウルチ米蒸しを選択した重要な理由であったと考えられる（小林・久保田 2021）。今回のアミロース分析では試料数が少なかったため、今後、分析数を増やす必要がある。

最後に、バリ島の伝統米は粘り気度がより強いと予想していたが、伝統米もアミロース比率 30 以上とインディカ米と同様に粘り気度が弱かった。この理由は今後検討したい。バリ島では1回の米調理量が多いことから、この点がウルチ米を蒸す重要な要因だったと推定される。

引用文献 小林正史 2020「ウルチ米を蒸す調理の民族誌比較：ジャワの二度蒸し法を中心に」『北陸学院大学研究紀要』12：31-56. 小林正史・久保田慎二 2021「東南アジア大陸部におけるウルチ米を蒸す調理の民族誌」『物質文化』101：9-32.

仙台伊達家 墓室内副葬品中の有機物分析とその用途推定

Analysis of organic residue in a tomb of the DATE Family in Sendai and estimation for their usage

原野真衣（熊本大学）、伊達泰宗、渡部治子（公益財団法人瑞鳳殿）、○中田晴彦（熊本大学）

Mai HARANO (Kumamoto University), Yasumune DATE, Haruko WATANABE (Public Interest Incorporation Foundation ZUIHODEN), Haruhiko NAKATA (Kumamoto University)

1. はじめに

仙台藩第三代藩主の伊達綱宗公（1640-1711）は藩祖・政宗公の孫にあたり、書道・絵画・彫刻等の芸術に秀でた文化人として評価が高い。死後、ご遺体は仙台市経ヶ峯の霊廟「善応殿」に埋葬されたが、太平洋戦争末期の仙台空襲により焼失した¹⁾。霊廟を再建するため、仙台市は1981～83年に綱宗公の墓室を発掘調査したところ、甕棺に納められていた副葬品の一つ「酸漿蒔絵合子」（図1）の内部に褐色の油脂状練物が充填された状態で発見された¹⁾。

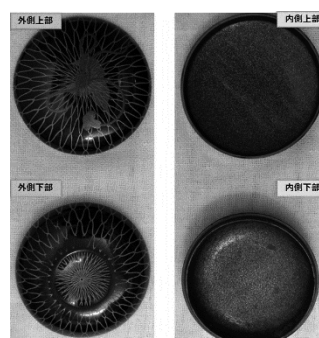


図1 墓室内副葬品の酸漿蒔絵合子

発掘当時、油脂状試料は赤外分光装置（IR）で分析され、高級脂肪酸とそのエステルおよび複合脂質が混在したラノリン（羊毛の脂肪質）と推定された¹⁾。しかし、江戸期における羊毛油の存在に関する検証は行われておらず、含有成分の詳細や用途は不明であった。そこで本研究は、合子内の油脂状試料をフーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）とガスクロマトグラフ質量分析計（GC/MS）で分析し、含有成分の同定と用途推定を目的とした。

2. 試料と方法

仙台市の（公財）瑞鳳殿で油脂状試料の一部を採取した（図2、黒枠部の2カ所）。試料は有機溶媒で洗浄済のガラス製バイヤルに入れたのち、コンタミを避けるためアルミホイルで蓋をし、その上からプラスチック製のキャップをして研究室に持ち帰った。全ての試料は分析を行うまで -20°C で冷凍保存した。

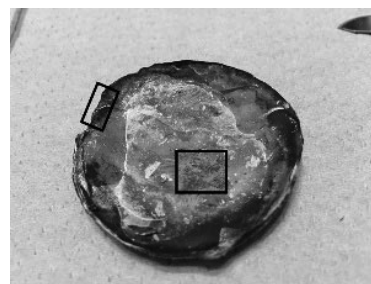


図2 分析に供した油脂状成分

試料はジクロロメタンに溶解後、その一部に *N,O*-ビス(トリメチルシリル)トリフルオロアセトアミド溶液を添加し、 70°C で10分間静置して誘導体化を行った。得られた溶液は、BPX-5 (60 m $\times$ 0.25 mm, 内膜0.25 μm , SGE社製) カラムを装着した GC/MS (Agilent Technologies社製) にインジェクションして、SCAN mode で測定に供した。得られた各ピークの保持時間(RT)とマススペクトルを市販の標準物質または NIST (米国国立標準技術研究所) データベースと比較して成分同定を試みた。

3. 結果と考察

油脂状成分を FT-IR で分析したところ、2,916, 2,848 cm^{-1} 付近に顕著なシグナルが認められ、脂肪酸の含有が予想された。また、本結果を発掘時に測定された IR スペクトルと比較したところ、いずれも 2,916, 2,848, 1,728, 1,462, 1,174, 717 cm^{-1} 付近にそれぞれ特徴的なシグナルが見られ、高い類似性が確認された (図 3)。このことは、発掘調査以降、油脂状成分は長期にわたり常温・乾燥状態に置かれたものの、試料中の主成分に顕著な経年劣化が起こっていないことを示唆している。

試料を GC/MS で分析した結果、飽和および不飽和脂肪酸 (パルミチン酸・オレイン酸・ステアリン酸) が検出された (図 4)。また、保持時間 (RT) が 36~40 分に見られる 3 つのピークは、ピマル酸・デヒドロアビエンチン酸・アビエチン酸であった。これらは松脂に特異的に含まれるジテルペン類であり²⁾、実際に市販の松脂を分析したところ、同じ物質が検出された。また、標品の入手が難しく物質同定に至らない

ものの、RT が 38~45 分の 4 物質についても試料と松脂の両方で確認された。以上より、本研究で分析した油脂状物質は「松脂と生物由来油脂の混合物」と判断した。

江戸時代、松脂は動物・植物性油脂と混合し炎症や痛みを抑える膏薬として流通していた。熊本藩初代藩主の細川忠利が息子の光尚に送った書状には、「松脂膏薬を送る」旨の一文が遺されている³⁾。晩年の綱宗公は歯肉癌を患っており¹⁾、測定対象の有機物は鎮痛を目的とした塗薬の可能性はある。一方、松脂と植物性油脂の混合物は江戸期に整髪のための髻付け油として売られていた。今回の測定物は、紅皿・三種の蒔絵櫛・牙製へら・ハサミと併せて高貴な手箱に納められ、甕棺内の綱宗公のご遺体のそばに置かれていた¹⁾。これらは化粧道具を連想させるものであり、故人にとって身支度のための重要な品々であったと想定される。以上の結果から、測定した油脂状試料は髻付け油であった可能性も高い。

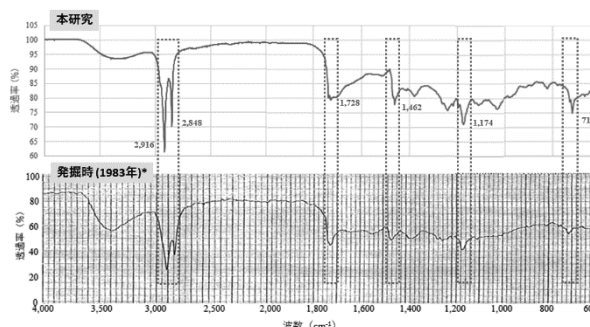


図 3 油脂状成分の FT-IR スペクトルと発掘時 (1983) のそれとの比較解析 *: 引用文献 1

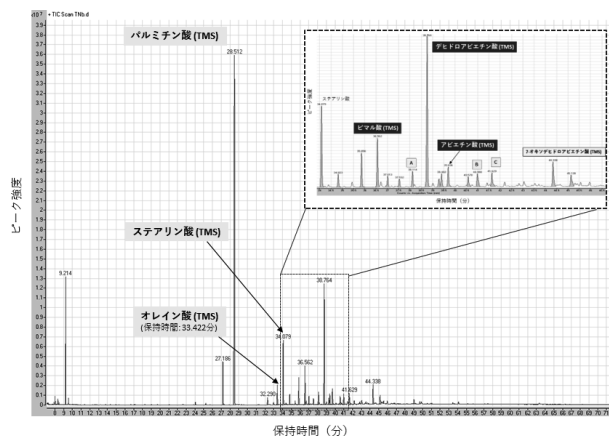


図 4 油脂状試料の GC/MS クロマトグラム

引用文献 1) 伊東信雄 編 (1985) 感仙殿伊達忠宗 善応殿伊達綱宗の墓とその遺品, 財団法人瑞鳳殿, pp. 297. 2) Yadav, B. K., Gidwani, B., Vyas, A. (2015). Rosin: Recent advances and potential applications in novel drug delivery system. *Journal of Bioactive and Compatible Polymers*, 1-16. 3) 永青文庫「細川忠利から光尚への書状」熊本大学 永青文庫研究センター所蔵.

その他 本内容の詳細は以下の論文を参照ください。Harano, M., Date, Y., Watanabe, H., Nakata, H. (2023) Analysis of organic residue in a wooden vessel excavated from a tomb of Japanese *Samurai* buried in the Seventeenth century. *International Journal of Historical Archaeology*, 1-13. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10761-023-00693-8>.

幕末期の食品様乾物の DNA 解析

DNA analysis of a dried food material at the end of Edo era

○兼清礼、武智克彰（熊本大学）、清水健志（北海道立工業技術センター）、
宮部増孝、中田晴彦（熊本大学）

○Rei KANEKIYO, Katsuaki TAKECHI (Kumamoto University), Takeshi SHIMIZU (Hokkaido
Industrial Technology Center), Masutaka MIYABE, Haruhiko NAKATA (Kumamoto University)

1. はじめに

熊本藩出身の志士「宮部鼎蔵（1820-1864）」は、尊王攘夷派の活動家として長州藩と親交が深く、沿岸警備の視察を目的に吉田松陰と東北地方や相模湾・房総半島を旅した記録が残されている。宮部は幕末期の京都で全国諸藩から選抜された親兵組織が設置されると、全体を指揮する総監に任命されており、宮部に対する朝廷の信頼の厚さが窺える。文久 3 年（1864）、池田屋で新選組の襲撃を受け自刃したが、その後名誉回復が行われ明治 24 年（1891）に正四位が贈られた¹⁾。

宮部鼎蔵は当時の皇室関係者から磁性茶碗を下賜されており、その中に入っていた食品様乾物が現在の宮部家に遺されている¹⁾。乾物は 4 種類存在し、外見からそれが何かを正確に把握することは難しく、科学的調査が行われた形跡もない。そこで本研究は、黒色・平板で長辺約 6 cm の長方形型の検体 A（図 1）を対象に遺伝子を解析し、その種類と産地特定および幕末期の皇室の食品流通に関する知見を得ることを目的とした。



図 1 検体 A の写真

2. 試料と方法

2022 年 10 月、熊本県立図書館／くまもと文学・歴史館に寄託保管されている検体 A の一部を分析用に採集した。当該検体は木箱内の磁性茶碗の中に納められており、本研究では茶碗の寸法測定と紋様を把握し、それが禁裏御用品に該当するか調べた（図 2）。



図 2 茶碗の外側（左）と内側（右）

外見的特徴から検体 A は海藻の *Saccharina* 属である可能性を考慮し、清水らの方法²⁾に従って検体 A（試料量：約 5 mg）からトータルゲノム DNA を抽出した。続いて、DNA データベース解析を行い、*Saccharina* 属のミトコンドリアゲノムに保存された領域や、*Saccharina* 属の種間変異が顕著な領域³⁾を複数選定してプライマーを設計し、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）により当該遺伝子領域を増幅した。得られた PCR 産物をクローニング後、塩基配列を決定し、米国立バイオテクノロジー情報センターの DNA データベースで BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) 検索を行い、検体 A の種を同定した。また、上記の実験を複数の市販海藻に適用し、得られた結果を検体 A のそれと比較解析した。

3. 結果と考察

茶碗の口径と器高を測定したところ、それぞれ 10.4 cm, 4.8 cm であった。17 世紀末～18 世紀前半の禁裏様式の丸碗の口径と器高の比率は 2:1 であり⁴⁾、本茶碗の寸法はこれに合致していた。また、茶碗に 16 花卉の菊御紋と有職紋様である破れ亀甲文が描かれている点、見込及び高台内が無地である点も禁裏品のそれと一致しており、本器は皇室の下賜品であると考えられた。

ミトコンドリア DNA 上の *NAD5* 遺伝子領域の一部を増幅するために設計した 2 種のプライマーを用いて PCR した結果、データベース上に登録された配列と一致したサイズの増幅断片が確認され、検体 A が *Saccharina* 属(コンブ)であることが示された。さらに PCR 増幅産物の塩基配列を解析したところ、検体 A の塩基配列は市販のミツイシコンブ (*S. angustata*) から増幅された配列とは一致せず、別種であると考えられた。そこで、検体 A の塩基配列をクエリーとし、DNA データベースに対して BLAST 検索を行い登録されている数種のコンブの塩基配列と比較したところ、マコンブ (*S. japonica*) とその 2 つの変種 (オニコンブ [*S. japonica* var. *diabolica*]、ホソメコンブ [*S. japonica* var. *religiosa*]、およびナガコンブ [*S. longissima* (Miyabe)]) の配列と 100% 一致した。

次に、ミトコンドリア DNA の *RNL* 遺伝子領域の塩基配列を解析したところ、検体 A は 2 種の変種を除いたマコンブあるいはナガコンブのいずれかであることが分かった。さらに、ミトコンドリア DNA の *RPL6*、*RPL16*、*COX2* の各領域の一部及び *ORF41* 周辺の各塩基配列を比較した結果、検体 A はナガコンブであることが証明された (表 1)。

表 1 検体 A の塩基配列解読結果とデータベース上の他のコンブとの比較

試料	<i>RNL</i>	<i>RPL6</i>
検体A	...AG G GAT T GATGA A G C GAT...CC A G A ...TG T CT...TT T TA...	...AA C TA...AA G AC...
ナガコンブ	...AGGGATTGATGAAGCGAT...CCAGA...TGTCT...TTTAA...	...AACTA...AAGAC...
マコンブ	...AGGGATTGATGAAGCGAT...CCAGA...TGTCT...TTTAA...	...AA T TA...AA A AC...
ホソメコンブ	...AGGGATTGATGAAG C AAT...CCAGA...TG G CT...TTTAA...	...AACTA...AAGAC...
オニコンブ	...AG A GAT C G G TGA C G C AAT...CC T GA...TG C CT...TT C TA...	...AACTA...AAGAC...
ミツイシコンブ	...AG A GAT C G G TGA C G C AAT...CC T GA...TG G CT...TT C TA...	...AACTA...AAGAC...

蝦夷地のコンブ漁は 18 世紀初頭に箱館周辺で行われおり、19 世紀前半には道東の根室地方にまで達していた⁵⁾。天保期 (1831-1845) には蝦夷地や択捉産のコンブが薩摩に輸送され、琉球を通して中国へ輸出されており、コンブの流通には広大な取引領域が存在していたと考えられている⁵⁾。明治期および現在でもナガコンブは釧路や根室沿岸の道東地方に分布しており^{6,7)}、幕末期に東蝦夷で採取されたコンブが皇室に上納され貴人に食されていたと考えられる。本研究は、幕末期の皇室における食品流通の一端を窺い知る情報を含んでおり、尊王攘夷のもと顕著な働きをした宮部鼎蔵への下賜品に関する新たな知見を提示している。

参考文献 1) 湯治萬蔵 (1990) 宮部鼎蔵歌文拾遺, 宮部田城顕彰会, pp. 309 2) 清水ら (2010) 北海道立工業技術センター研究報告, **11**, 1-4. 3) Yotsukura *et al.* (2010) *J. Appl. Phycol.*, **22**, 243-251. 4) 能芝勉 (2010) 季刊考古学, **110**, 23-26. 5) 片上広子 (1999) 歴史地理学 41-5 (196), 17-30. 6) 宮部金吾 (1902) 北海道水産調査報告巻之三昆布採取業, 1-61. 7) 北海道 HP (<https://www.pref.hokkaido.lg.jp/sr/ske/osazu/oz01fis/fis089.html>) (2023 年 9 月 8 日アクセス).

新宮市万歳の草書体一遍上人名号碑の破片資料

A fragment piece of the cursive Buddha's name stela of

Priest Ippen at Banze, Shingu City

○朽津信明（東京文化財研究所）、白石明香（同左）、後誠介（和歌山大学）

○Nobuaki KUCHITSU, Sayaka SHIRAISHI (Tokyo National Research Institute for Cultural Properties),
Seisuke USHIRO (Wakayama University)

1. はじめに

新宮市万歳の和歌山県指定史跡・一遍上人名号碑建立之地には、1760年に修復された状態のまま残されている行書体名号碑の他に、同時期に修復された後にもう一度破損して、碑残欠の状態となっている草書体名号碑の一部が存在することを過去に報告した¹⁾。今回行書体名号碑の近傍で、碑残欠とともにかつて草書体名号碑を構成していたと推測される別の破片が見つかったのでその破片について報告し、それが本当に草書体名号碑を構成していたかどうかを検証する。

2. 万歳の一遍上人名号碑に係るこれまでの経緯

熊野参詣道伊勢路が伊勢神宮から熊野本宮大社に至る最後の難所となる万歳峠には、一遍上人が建てたとの言い伝えがある名号碑が存在し、行書体と草書体の二つの名号碑が地震で折れたので1760年にそれらを修復した旨が記録されている。このうちの行書体碑は火成岩に嵌め込まれた状態の砂岩製石碑として存在し



図1. 行書体名号碑(左)と碑残欠(右)

ていて、和歌山県指定史跡・一遍上人名号碑建立之地を構成している（図1）。もう一方の草書体碑についてはその後再度破損したため、1827年にそれを別の岩塊に模写した旨が記録されており、また破損した碑の残欠を行書体碑の下に移して埋めた旨が書かれている。模写碑は現存して新宮市指定史跡・磨崖（一遍上人名号碑の写）を構成しており、また行書体碑近傍には昭和の時代に掘り出されたと伝えられる、破損した状態で「阿弥陀佛」の陰刻文字が存在する砂岩製の碑残欠が認められた（図1）ため、その碑残欠を三次元計測した¹⁾。その計測結果と、模写碑と行書体碑との中間地点にある、人為的に削り貫かれた状態の火成岩塊（杵石）の計測結果とを比較して、1760年には杵石に嵌め込まれる形で修復されていた草書体碑の再破損した残欠が、記録の通り現在は行書体碑の近傍に碑残欠として存在していることを指摘した¹⁾。しかし、杵石や碑残欠の近傍に陰刻文字を留めるような砂岩の破片は他に発見できず、残された「南無」の二文字が刻まれた草書体碑の残欠はこれまで見つかっていなかった。

3. 発見された碑の破片について

3.1. 破片の存在状態

今回新たに碑の破片が発見されたのは行書体碑裏側において、その部分は土に覆われておらず、人為的に掘られた穴を埋めた状態の大小様々な礫が露出しており、礫の中に混じって10cm大の板状の砂岩が認められ、その片方の面は整形されて薬研堀の陰刻文字が認められた（図2）。



図2. 発見された碑の破片

3.2. 計測方法と結果

碑の破片は取り出すことができなかったため、コンパクトデジタルカメラ（Olympus 社 Tough-TG6）を用いて可能な範囲で多方向から写真撮影を試み、Agisoft 社の Metashape を使用して三次元形状を構築し、同様にして得た模写碑、碑残欠、行書体名号碑の形状と、フリーの点群処理ソフト Cloud Compare を用いて比較した。

碑の破片、碑残欠、模写碑の形状を同縮尺で比較して図3に示す。碑の破片に刻まれた文字は「南」の字の草書体と見られ、その字体、大きさが模写碑と、彫り方は碑残欠と類似しており、また破片の厚みは碑残欠において亀裂が認められる部分までの厚さによく類似した。



図3. 碑の破片（左上）、碑残欠（左下）、模写碑（右）の比較図

4. 考察

今回見つかった破片は、碑残欠とともに「南無阿弥陀佛」と彫られた草書体名号碑を構成していたところ、1827年以前に再度破損した際の破片の一部と考えられる。破損した草書体碑は行書体碑の下に埋められた旨が記録されているが、その時運ばれたのは「阿弥陀佛」の4文字を留めた最大のパーツである既知の碑残欠だけでなく、一緒に運ばれて埋められた破片が他にも確認されたことになる。また記録には「埋蔵」とあるものの、碑の破片の現状は土で覆われておらず、掘られた穴が礫で満たされただけの状態にある。土に埋められた石碑を後世に探し当てるのは容易でないと思われるが、碑残欠も同様な存在状態だったなら、それを昭和に掘り出して現在地に安置することは可能と思われる。今回「南」の字の一部が見つかったことから、まだ掘り出されずに穴の中に残されている他の破片がある可能性も考えられ、そこには未発見の「無」の字を含んだ個体が含まれている可能性も期待される。また今回の発見は、1827年に行われた「再破損した碑の移動と埋設」の状況を具体的に示す遺構が現存している可能性を示唆しており、既に県の史跡指定を受けている場所ではあるが、その新たな価値が示されたことになる。

文献 1) 朽津信明他（2020），保存科学, 59, 23-34

後方散乱 X 線装置を用いた石造文化財の新しい調査法の研究

Research on a new survey method for stone cultural properties using a backscattered X-ray device

○塚本敏夫（元興寺文化財研究所）、朽津信明（東京文化財研究所）、後 誠介（和歌山大学）、
○Toshio TSUKAMOTO(Gangoji Institute for Research of Cultural Property), Nobuaki KUCHITSU
(Tokyo National Research Institute for Cultural Property), Seisuke USHIRO(Wakayama University)

1. はじめに

近年の地球温暖化による気候変動で石造文化財の物理劣化と生物劣化（繁殖）が問題になっている。特に、表面に着生植物（苔類、地衣類含む）が繁殖して、石造文化財表面の情報（亀裂、文字、文様等）が可視化できなくなっている事例が増加している。また、石材本体の劣化が進み、表面に繁殖した着生植物を安易にクリーニングすると石材表層が剥離して情報を消失する恐れがある。このため、表面を覆う植物を除去せずに石造文化財に刻まれた情報を可視化する新しい方法が熱望されていた。

本報告ではその難問に対して、ハンドヘルド後方散乱 X 線装置を用いて、着生植物を除去せずに石造文化財の表面情報を透視して可視化できる新しい調査法を試みたので、その調査成果の一部について報告する。

2. 後方散乱 X 線装置

後方散乱 X 線装置とは：X 線を照射し、物質から反射（コンプトン散乱）した X 線を検出して、内部を画像化する透視装置。

後方散乱 X 線装置：今回使用した後方散乱 X 線装置は米国 Videray Technologies 社製のハンドヘルド後方散乱 X 線装置 PX-1（国内代理店ポニー工業株式会社）である。（写真 1）

使用装置の特徴：①非接触で、表面から透視が可能である。②

140keV の高エネルギーの X 線で高い透視力がある。③低元素の有機質は画像化され難い。④ディスプレイ上に迅速に可視化でき、リアルタイム検査が可能である。⑤手持ち検査でも被ばく線量を低減する安全性が確保されている。⑥動作環境温度 $-20\sim 60^{\circ}\text{C}$ と耐環境性能が良い。



写真 1 ハンドヘルド
後方散乱 X 線装置 PX1

3. 石造文化財での調査事例

3-1 石垣での石材状態の可視化

石垣カルテ作成時、表面に繁殖した着生植物で石材の割れや矢穴、刻印等の表面情報が写真や三次元計測では可視化できない。特に、根石でのクラックの可視化は必要不可欠である。

試験対象：朝来市竹田城跡花屋敷地区石垣の北西角の根石付近の積石で試験を実施した。

試験結果：クラックを明瞭に可視化できた。但し、どの位のクラック深度迄可能かは未知。

3-2 石造物（板碑、五輪塔他）の文字の可視化

石造物に刻まれている文字や文様の可視化は重要である。しかし、近年の地球温暖化で物理的劣化が進行し、従来の接触式拓本が難しい資料が増加している。近年、その可視化に非接触式の三次元計測や光拓本が利用されてきている。しかし、石造物に陰刻された文字が着生植物に覆われた資料は物理的に着生植物を除去しないと可視化はできない。そこで、非接触で着生植物を除去せずに可視化できる新しい調査法として後方散乱 X 線装置を試みた。

（１）有田市円満寺での試験調査

有田市教育委員会の木村歩氏の協力で、有田市円満寺の着生植物に覆われ文字が見難い石造物（板碑、五輪塔）で試験的に調査した。そこで後方散乱 X 線装置の有効性が確認できた。

（２）田辺市本宮町湯峯所存の文政十年六月銘角柱碑の調査

共同研究者の朽津、後が進めてきた一遍上人名号碑および関連資料の調査（朽津他 2020）の中で、着生植物に覆われ、三次元計測調査でも銘文が判読できなかった資料の可視化を行った。

試験対象：和歌山県田辺市本宮町湯峯所存の県指定史跡 『磨崖名号碑』（伝「一遍上人による爪書き碑」）の前に立つ文政十年六月銘角柱碑

試験結果：三次元計測で可視化できなかった「遊行元祖一遍上人爪書御真*」の銘最後の文字が「蹟」と判明し、「真蹟」と判読できた（図 2）

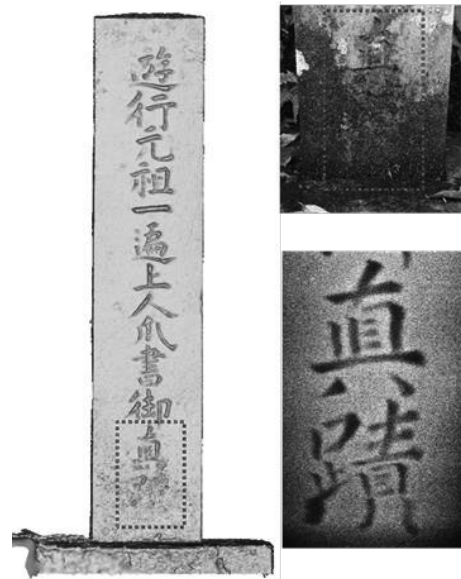


図 2 文政十年銘角柱碑の調査結果の比較

左：三次元計測 右上：写真 右下：後方散乱 X 線

4. 後方散乱 X 線装置の利点と問題点とその対応

利点：着生植物で覆われ見えなかった石造物の文字や文様が非接触で可視化できる意義は大きい。

問題点：現状は手作業での計測のため、習熟度である程度はクリアに計測できるが、石造物表面との距離や計測速度が一定に保てないため、

正確に画像化できず、文字や文様を正確に可視化するのは難しいことが判明した。

また、石造物に段差や曲面等がある箇所では可視化しにくいことが確認できた。

今後の対応：手作業では限界があり、距離や計測速度を一定に保てる昇降機能付の計測治具等の開発が必要不可欠である。今後は改良を加えて正確な可視化ができるようにしていきたい。

尚、ポニー工業(株)の稲村卓也氏に技術面でお世話になった。本研究は JSPS 科研費 JP22H00029 の成果の一部である。

参考文献

朽津信明・栢沼由可子・後俊介・西山健一 2020 「新宮市万歳の一遍上人名号碑の補修史に関する三次元計測に元づく検討」『保存科学No.59』東京文化財研究所 pp23-34

青森県舟場向川久保(2)遺跡出土細形管玉のXRF、ESR、XRDによる 非破壊分析

Examination on the stone beads excavated from the Funabamukai-kawakubo No.2 Site in Aomori Pref. by using XRF, ESR, XRD

○藁科哲男（遺物材料研究所）、田村朋美（奈良文化財研究所）、木村高（青森県埋蔵文化財調査センター）、中村大介（埼玉大学）

○Tetsuo WARASHINA (Institute for artifacts and materials), Tomomi TAMURA (Nara National Research Institute for Cultural Prosperities.), Takashi KIMURA (Aomori Prefectural Archeological Artifacts Research Center), Daisuke NAKAMURA (Saitama University)

1. はじめに

青森県舟場向川久保（2）遺跡では弥生時代中期とみられる土壌墓（SK13）から137点の細形管玉が出土している。本研究では、本土壌墓から出土した玉類のうち13点について、従来から実施している蛍光X線分析（XRF）およびESR分析による石材産地、遺物群同定に加えて、X線回折分析（XRD）による含有鉱物の同定を実施することにより、青森県舟場向川久保（2）遺跡出土の細形管玉の類型化と産地に関する予備的な考察を行った。

2. 資料と方法

分析資料は、SK13土坑墓から出土した137点の細形管玉うち13点（遺物番号S-1、S-2、S-5、S-19、S-23、S-28、S-31、S-38、S-50、S-70、S-95、S-100、S-X15）である。これらを対象に蛍光X線分析（XRF）とESR分析を実施し、個々の元素組成とESRの結果を地質学的産地および原産地遺跡や各地の遺跡から出土した玉類と玉材から作成した遺物群と比較した。さらに、これらの細形管玉を構成する鉱物種を同定するため、X線回折分析（XRD）を実施した。測定は非破壊で実施した。

3. 結果と考察

分析対象とした13点の細形管玉についてXRFにより、分析部分を変えながら1個体につき40回以上分析し、ESRの結果と併せて産地、遺物群同定した結果を表1に示す。

遺物番号S-2は会津坂下G石材群(6%)、S-5は会津坂下G石材群(7%)と定量的信頼限界の5%を越えて同定され、ESR信号の猿八A形とも矛盾しない。S-19は新穂村A遺物群(28%)、S-70は猿八-1(6%)、S-95は石川・菩提-1(77%)、女代南B遺物群(53%)、S-X15は女代南B遺物群(15%)、田能BF遺物群(9%)、青谷上寺地B遺物群(7%)に定量的同定限界の5%以上確率で同定され、それぞれESR信号とも矛盾しない結果であった。

次に、これら13点の細形管玉について分析値が近似するものをクラスター分析で選択して群を作り、マハラノビスの距離を求め検定で確率の高いものを集めて遺物群を作った結果、遺物番号S-2、S-5、S-19、S-70の管玉で舟場向川久保A遺物群ができた。また、遺物番号S-19、S-23、S-31、S-100の管玉が選択されて舟場向川久保B遺物群ができた。

XRFとESRの結果から、遺物番号S-2、S-5の細形管玉は遺物剥片の会津坂下G石材が使用され、会津坂下地域と共通の玉造遺跡と関連が推測される。また、遺物番号S-70の細形管玉は佐渡島の猿八産碧玉の使用が確認され、この石材で細管玉を作った遺跡から伝搬したと思われる。

遺物番号S-19の細管玉は佐渡島の遺跡で多用されている新穂村A遺物群に同定され佐渡島の石材が使用された可能性が示唆されたが、佐渡島内で新穂村A遺物群と一致する碧玉原石は見つかっていない。

表 1 舟場向川久保 (2) 遺跡出土細形管玉の産地、遺物群同定結果

遺物番号	ホテリングで検定(確率)	ESR信号形	総合判定	比重
S-1	舟場向川久保S-1管玉(60%)	猿ハA形	舟場向川久保S-1管玉	2.193
S-2	舟場向川久保A細管玉(70%)、会津坂下G石材群(6%)、猿ハ-1(0.6%)	猿ハA形	会津坂下G石材群	2.43
S-5	舟場向川久保A細管玉(69%)、会津坂下G石材群(7%)、猿ハ-1(3%)、女代南B遺物群(0.3%)	猿ハA形	会津坂下G石材群	2.14
S-19	舟場向川久保B細管玉(43%)、新穂村A遺物群(28%)、猿ハ-1(0.7%)、会津坂下G石材群(0.2%)	猿ハA形	新穂村A遺物群	2.464
S-23	舟場向川久保B細管玉(74%)、女代南B遺物群(0.2%)、湯坂1遺物群(凝)(0.1%)	猿ハA形	舟場向川久保B細管玉	2.522
S-28	舟場向川久保S-28管玉(95%)	猿ハA形	舟場向川久保S-28管玉	1.769
S-31	舟場向川久保B細管玉(64%)、猿ハ-1(3%)、女代南B遺物群(0.4%)	幅広シングル	舟場向川久保B細管玉	2.428
S-38	舟場向川久保S-38管玉(70%)、佐渡-小倉川-碧玉1(2%)	猿ハA形	舟場向川久保S-38管玉	2.202
S-50	舟場向川久保S-50管玉(91%)	猿ハA形	舟場向川久保S-50管玉	2.157
S-70	舟場向川久保A細管玉(64%)、猿ハ-1(6%)、会津坂下G石材群(2%)、女代南B遺物群(0.1%)	猿ハA形	猿ハ-1	2.503
S-95	石川・菩提-1(77%)、女代南B遺物群(53%)、滝ヶ原-3(0.4%)	女代南B形	石川・菩提-1・女代南B遺物群	2.542
S-100	舟場向川久保B細管玉(38%)、会津坂下G石材群(3%)、女代南B遺物群(0.5%)	猿ハA形	舟場向川久保B細管玉	2.444
S-X15	女代南B遺物群(15%)、田能BF遺物群(9%)、青谷上寺地B遺物群(7%)、菩提-1(0.2%)、新穂村B遺物群(0.1%)、猿ハ-1(0.1%)	崩れ女代南B形?	女代南B遺物群・田能BF遺物群・青谷上寺地B遺物群	2.401

遺物番号 S-X15 番の細管玉は女代南B遺物群、田能BF遺物群、青谷上寺地B遺物群の石材に同定され、これら遺物群は小松市の菩提、滝ヶ原の産地の碧玉原石と同時に同定される場合が多くみられることから、これら地域の石材と推測されるが、同時に同定されない場合も菩提、滝ヶ原の産地から古代人が既に取り尽くした組成の石材で、遺跡にのみ存在する組成の可能性も考えられる。

次に、これら細形管玉のXRD分析を実施した結果について述べる(表2)。今回分析した細形管玉13点は、構成鉱物の種類により以下の3グループに大別された。①石英、サニディン(または正長石)が主に検出されるもの(遺物番号S-2、S-70、S-95)、②石英、サニディン(または正長石)に加えてクリストバライトが検出されるもの(遺物番号S-1、S-5、S-19、S-23、S-31、S-38、S-100、S-X15)、③セラドナイトとクリストバライトが主に検出されるもの(遺物番号S-28、S-50)である。ただし、②のうち、遺物番号S-X15はサニディンとクリストバライトが顕著に検出されており、構成鉱物の量比が明らかに異なると判断されることから②'とした。

XRDで判明した鉱物組成による分類①～③についてXRFおよびESRによる同定と併せて考察すると、①のグループは舟場向川久保A遺物群と(遺物番号S-2、S-70)と小松市の菩提産の碧玉原石および女代南B遺物群と同定されたS-95に対応する。なお、S-70は舟場向川久保A遺物群と同時に佐渡猿八産碧玉にも同定されている。①は石川菩提または佐渡などの北陸系の石材に共通する鉱物組成である可能性がある。

②グループは、舟場向川久保B遺物群と一定の対応関係が認められるが、遺物番号S-5はXRFとESRによる同定では舟場向川久保A遺物群であり、完全には一致しない。また、比較した原石・遺物群の何処の群にも一致しなかった個体のうち、遺物番号S-1、S-38は鉱物組成としては②のグループに帰属する。なお、②'とした遺物番号S-X15は女代南B遺物群に同定されており、石英、サニディン(または正長石)、クリストバライトからなる石材も基本的に北陸系の石材との関係性が伺える。

③グループのセラドナイトとクリストバライトからなる遺物番号S-28およびS-50は、比較した原石・遺物群の何処の群にも確率5%以上で一致しないものであった。

以上のように、従来から実施している蛍光X線分析(XRF)およびESR分析による石材産地、遺物群同定にXRD分析を追加することにより、産地、遺物群の分類が詳細になり、また信頼性が向上する結果が得られた。今後も継続してデータの蓄積を進めていきたい。

【文献】青森県埋蔵文化財調査センター2022『舟場向川久保(2)遺跡(青森県埋蔵文化財調査報告書625)』

表 2 舟場向川久保 (2) 遺跡出土細形管玉のXRD結果

遺物番号	XRD同定結果	構成鉱物による分類
S-1	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-2	石英(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	①
S-5	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-19	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-23	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-28	セラドナイト($\text{K}(\text{Mg,Fe,Al})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)、クリストバライト(SiO_2)	③
S-31	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-38	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-50	クリストバライト(SiO_2)、セラドナイト($\text{K}(\text{Mg,Fe,Al})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	③
S-70	石英(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	①
S-95	石英(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	①
S-100	石英(SiO_2)、クリストバライト(SiO_2)、サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)または正長石($\text{K}(\text{Al,Fe})\text{Si}_2\text{O}_6$)	②
S-X15	サニディン($\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$)、クリストバライト(SiO_2)	②'

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

江戸時代の建造物で使用された和釘の科学的調査

Scientific investigation of Japanese nails used in buildings
in the Edo period

○渡邊緩子（日鉄テクノロジー）、末廣正芳（同左）、迫田章人（同左）、松本雅充（同左）、
西隆之（同上）、仙波潤之（同上）

○Hiroko WATANABE, Masayoshi SUEHIRO, Akito SAKODA, Masamitsu MATSUMOTO,
Takayuki NISHI, Hiroyuki SEMBA (Nippon Steel TECHNOLOGY CO.,Ltd)

1. はじめに

現代製鉄以前に生産された鉄の耐食性について評価は高く、先行研究にて耐食性が高い材料
要因として、純度が高いこと^{1)～4)}、耐食性を害する不純物や介在物が少ないこと^{1)、3)}、過飽
和に固溶した固溶酸素濃度が高く瞬時に黒錆膜を形成すること⁵⁾、などが指摘されてきた。

その一方で、文化財遺物である和釘も他の文化財と同様に、簡単に入手することは難しく、
また、切断を伴う分析に供することは非常に困難である。そのため、分析事例は限定的で、系
統的に研究することが難しかった。

今回、日本の歴史的建造物の修理の監理を担当している公益財団法人 文化財建造物保存技術
協会のご協力のもと、創建当時に使用されたと認められる和釘を提供いただく機会が得られ
た。「たたら製鉄」の拡大・成熟期を迎える安土桃山から江戸時代にかけて使用された和釘の化
学成分、金属組織観察および耐食性評価を行った結果、新たな知見が得られたので、以下に報
告する。

2. 供試試料

今回調査に用いた和釘の建造物名などを表1にまとめた。測定に供した和釘の例を図1に示
した。

表1. 調査に用いた和釘(2020年を起点とした経年)

神社	建造物名	所在地	建設年	経年
榛名神社	双龍門	群馬県	1855年(嘉永8年)	165
	国祖社		1725年(享保2年)	295
阿蘇神社	楼門	熊本県	1849年(嘉永2年)	171
名草神社	本殿	兵庫県	1754年(宝暦4年)	266
	拝殿		1689年(元禄2年)	331
井上家住宅	主屋	岡山県	1721年(享保6年)	299
諏訪社	本殿	長野県	1573年(元亀4年)	447

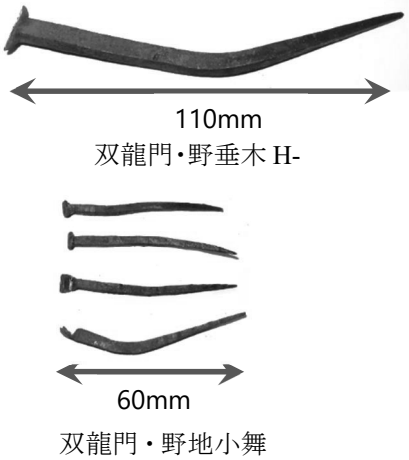


図1 榛名神社の和釘

3. 試験内容

- (1)成分分析：炭素、硫黄、酸素、窒素を含む測定可能な全ての元素の定性・定量分析
- (2)金属組織と酸化皮膜調査：断面による金属組織観察と酸化皮膜の構成成分調査
- (3)電気化学試験：分極測定による耐食性の評価

4. 結果

(1)成分分析結果

炭素濃度は、0.004～0.382wt%の広範囲であった。阿蘇神社の炭素濃度は0.004～0.008wt%と過去に事例のない極低炭素鋼であった。酸素およびりん濃度は現代鋼に比して高値、マンガン、硫黄は低値であった。微量元素の存在が多数確認された。

(2)組織観察と酸化皮膜結果

金属組織は、名草神社・拝殿に代表されるように、炭素濃度の異なる相が層状に認められるなど、折り返し鍛接しているあるいは他の素材を鍛接している可能性が改めて確認された。一方、阿蘇神社の和釘のようにフェライト組織単相が初めて確認された。

酸化皮膜は、一部欠損している部位があるものの、ほぼ均一な酸化皮膜で表面が覆われていることが判った。その酸化皮膜は複数の鉄酸化物で構成されていた。

(3)電気化学試験結果

耐食性評価では、酸化皮膜ままアノード分極測定を行った結果、経年に伴い貴化していることが確認され、木中で和釘の耐食性が向上したと考えられた。この要因として、前述した酸化皮膜の複層化の可能性が考えられた。母材金属層は、中性緩衝溶液中での不動態特性の評価を行った結果、Igaki 分類^{1)、3)}のⅡ領域に入り、優れた耐食性を有していることが確認された。

5. まとめ

165～447年前の和釘を調査した結果、優れた耐食性を有していることが判った。経年に伴い、木中で酸化皮膜が強固となり、耐食性が向上したものと推察されたが、詳細については今後さらに検討を進める予定である。

謝辞

建立当時の和釘を提供いただいた神社および文化財建造物保存協会の野尻孝明理事および関係者の皆様に感謝申し上げます。本調査は、竹中工務店殿との共同研究の一環として実施しました。竹中工務店の櫛部淳道様、上田忠司様、本弓省吾様、井上泰彦様に感謝いたします。

引用文献

- 1) K. Igaki: Bull. Iron Steel. Jpn, 1 (1996) 343-349.
- 2) K. Sugimoto, S. Matsuda, M. Isshiki, T. Ejima and K. Igaki: J. Japan Inst. Metals, 46(1982)155-161.
- 3) K. Igaki: Tetsu-to-Hagane, 68 (1982) 393-399.
- 4) K. Horikawa and Y. Umezawa: Tetsu-to-Hagane, 48(1962)44-49.
- 5) Y. Furunushi and K. Nagata: ISIJ-int., 54(2014)1074-1079.

光沢ムラ測定による魔鏡の解析

Analysis of Japanese magic mirror by gloss unevenness measurement

○井上信一（東京工芸大学）、五十嵐美範（中央精機株式会社）、佐藤利文（東京工芸大学）
○Shinichi Inoue(Tokyo Polytechnic University), Yoshinori Igarashi(CHUO PRECISION INDUSTRIAL CO., LTD.), Toshifumi Satoh(Tokyo Polytechnic University)

1. はじめに

輝きを持った鏡面が特徴である文化財や美術品は多い。鏡、磁器、塗り物、仏像や屏風である。これら鏡面の見えをアーカイブとして記録するために、その物理的な特性を測定することは重要である[1]。本研究では光沢ムラを測定する技術に着目し、鏡面材料、特に魔鏡（Japanese magic mirror）（図1）、の解析について報告する。

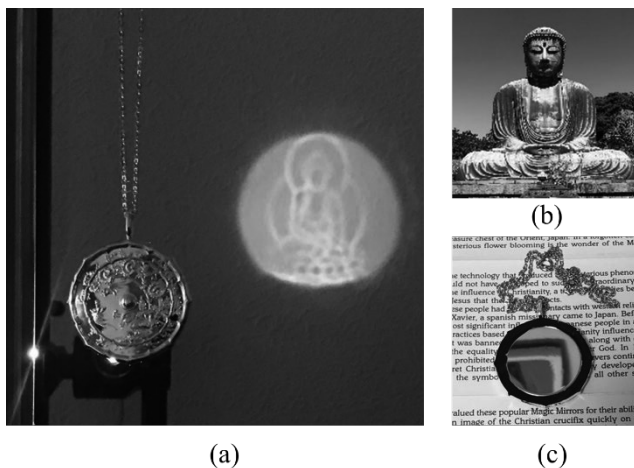


図1 魔鏡。(a)魔鏡に光をあてた様子。反射光の中に隠された像（阿弥陀如来）が映し出される。(b)阿弥陀如来の例。(c)魔鏡の鏡面の写真、隠された像は見えない。

2. 材料と方法

魔鏡は、その反射光の中に隠された像が映し出される鏡である（図1）。その歴史には隠れキリシタンが十字架を隠し持つために使用したとも云われる。この特徴のため、魔鏡の鏡面を肉眼で見てもその像は見えないため、その記録は難しい。一方、金や漆のような鏡面材料の表面には像は無いものの、表面に見られる光沢とその中に見られる光沢ムラは重要な質感情報であるが、照明光の方向で異なって見えるため同様に総合的な測定が難しかった。鏡、陶器、フォトライクなインクジェット用紙のような鏡面を持つ材料、特徴的なサンプルとして魔鏡について測定を試み、これらを総合的に解析することを検討した。

異なる3方向から照明し、光沢ムラ画像を同時に測定する装置を開発した（図2）[2]。各照明にRed、Green、Blueのフィルタを備えることで3方向から照明された光沢ムラ情報をワンショットで測定できると共にひとつのRGB画像として表示で

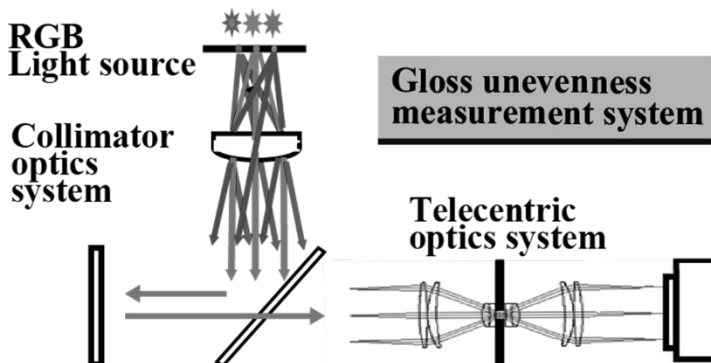


図2 測定装置の概略図。照明光（平行光）を3方向から照明する。

きる。入射光角度は測定の光軸に対して各 1.0° 度ずらしてあり、各々 120 度方向からとした。測定は 12 bit、 1920×1200 pixel の CMOS カラーカメラで撮像した。サンプル中央の約 $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ の面が測定可能である。試作機は中央精機（株）で設計製作された。

3. 結果と考察

図 3 に魔鏡の測定結果を示す。この魔鏡は山本合金製作所のもので、像は阿弥陀如来である（図 1）。図 1(c)のように目視では観察できない像が、図 3 の様にはっきりと測定できていることがわかる。鏡面材料の測定結果の一部を図 4 に示す。各色は、RGB の照明光の反射光であり、各色で表示される表面は光源の方向に傾いていることを示している。

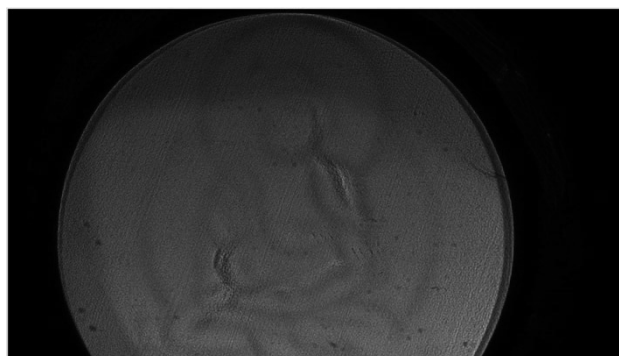


図 3 魔鏡の測定結果。

人間が直接その物を観察できる場合、視点を動かすことで照明光の方向を変えてその反射光像をいくつか観察し、脳内で総合的に統合解析していると考えられる。本手法はこれに準じたものとして、総合的な観察記録として活用が期待できる。

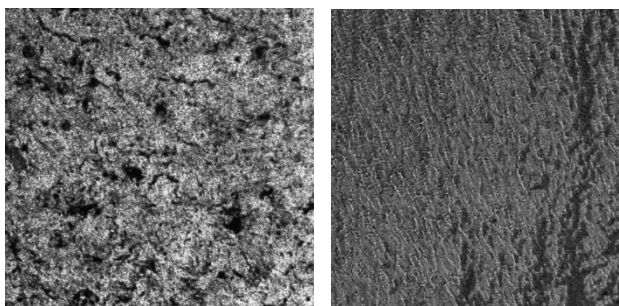


図 4 鏡面材料の測定結果例。(左)、金箔。(右) フォトリソグラフィ用紙。

本技術を発展させることで、表面形状を法線角度の分布として測定できる可能性がある。これが可能となると、鏡面材料は見た目の観察結果に加えて物理的表面形状が記録できるようになり、その表面の物理的形状からコンピュータグラフィックスでの再現が可能となる。

4. まとめ

鏡面材料や魔鏡の光反射特性は、光沢ムラを用いることで総合的な解析が可能であることを確認した。この技術は文化財アーカイブに活用できると考えられる。今後は、測定技術の向上を図り、鏡面材料の表面形状を数値化して計測し、コンピュータグラフィックスとしての再現を可能としたい。

【謝辞】 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K00368, JP19H04196, JP21K11954 の助成を受けたものです。

【参考文献】

- 1) S. Nakamura, S. Inoue, Y. Igarashi, T. Hoshi, H. Sato and Y. Mizokami, "Measurement of Gloss Unevenness with Different Reflection Angles," Proc. 30th Color Imaging Conference, Scottsdale, (2022).
- 2) S. Inoue, Y. Igarashi, T. Hoshi and T. Satoh, "Measuring Method for Gloss Unevenness with Three Directional Lights," Proceedings of London Imaging Meeting, 25-29 (2023)

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

千葉県市原市五所四反田遺跡から検出された古墳時代の火山灰
Volcanic ashes in detected Burial Mound age by the Site of Gosyoshitanda,
Ichihara City, Chiba Prefecture

○近藤 敏(関東第四紀研究会)、浅野健太(市原市教育委員会)

○Satoshi KONDO (The Association of Kanto Quaternary Research)

Kenta ASANO (Ichihara City Board of Education)

1. はじめに

市原市五所四反田遺跡(浅野他 2023)は、千葉県北西部東京湾東岸の標高 2~3mの海岸平野に位置する。遺跡は縄文時代中期以降に堆積した海岸砂堆積帯陸側に立地している。そこは縄文時代後期以降に潟湖になり、海岸砂丘の後背湿地にあたる。また砂丘を切り通る現北川の上流部に当たり、調査前は水田地帯となっていた。五所四反田遺跡は、広範囲遺跡である市原条里制遺跡の一部であり、養老川河口地域(小○範囲)の右岸域に当たる。下図白線円半径は 110 kmあり、市原条里制遺跡と大島三原山中央火口までの直線距離は、遺跡から南西方向に 110 kmとなる。富士山中央火口は、同遺跡から西南西方向に 135 kmの位置に当たる。千葉県下では大島三原山火口が一番近いことになる。



2. 火山灰降下時期

SD023A 溝状遺構検出の火山灰GO-1 の降下時期については、SD001A が陶器 TK23～TK47 型式期には埋没し、ほぼ同時期に SD039 に切られること、SD023A が陶器 TK23～MT15 型式期に洪水の影響で灰色砂が堆積し、その洪水の影響により、流路としての機能が放棄され、上層の黒褐色粘質土からも木製品が出土することから、洪水後ほどなく堆積したと考えられる。そのことから、陶器 TK23～MT15 型式併行頃(古墳時代後期初頭時期まで)に、降下したテフラ(火山灰)と考えたい。

3. 周辺遺跡からの火山灰の検出

関東地方南部地域の遺跡における富士、浅間、榛名の各火山からの降灰は、発掘調査成果(早田他 1990)からテフラ(火山灰)が検出され周知されている。五所四反田遺跡が属する市原条里制遺跡の北部では、遺跡調査においても火山灰が、複数重層に検出されている(小久貫他 1999、蜂屋他 2021)。付近の市原条里制遺跡(蛇崎八石地区)調査(近藤 2005)から、テフラ試料層位について分析されており、富士系を含む伊豆半島や大島火山からの降灰も推測されている(上杉 2005)。また、養老川左岸地域低湿性遺跡からも、縄文時代以降複数の火山灰が検出されている(上本、上杉 2002)。それは低湿性遺跡の堆積土が発達した地域では、台地上遺跡に比較して遺跡覆土が分厚く残り、調査現場の土層観察に於いて、完新世以降の火山灰(テフラ)が、肉眼でも比較的認知検出し易いことを示している。

4. 火山灰分析方法と成果

試料に加水して超音波洗浄機で分散、泥分を除去後乾燥させて実体顕微鏡下で観察した。洗浄後残った火山灰は軽石、スコリア、火山ガラス、鉱物に分類される。火山灰GO-1は、スコリアの風化が進み、形状にばらつきがあることから、再堆積の可能性が高いとされた。GO-1 スコリアは青灰色～黒色でやや発泡がよく、火山ガラスはバブル、軽石型がみられる。鉱物組成は軽鉱物が重鉱物より多く、輝石が角閃石より多く、斜長石が石英より多い、岩片はチャートと安山岩である。これらは同遺跡の富士宝永火山灰と同定されたGO-2 の火山ガラスの軽石型がないことのほかは、違いが認められない。GO-1 の給源特定分析から、周辺遺跡検出試料と共に大島三原山テフラの可能性を比較検討した。

引用参考文献

早田勉・矢作健二・小田静夫 1990「古墳時代以降に江戸に降灰した火山灰-高島平北遺跡のテフラ層序」

『日本第四紀学会講演要旨集』20 日本第四紀学会大会 日本第四紀学会

小久貫隆史他 1999『市原市市原条里制遺跡』(財)千葉県文化財センター

上本進二・上杉陽 2002「附編1. 市原市十五沢坊ヶ谷遺跡D地区における砂層の粒度分析」『市原市文化財センター年報』平成 11 年度 (財)市原市文化財センター(参照 <https://www.city.ichihara.chiba.jp/nenpou> PDF)

近藤敏 2005「市原市市原条里制遺跡(蛇崎八石地区)のテフラ分析」・上杉陽 2005「市原市市原条里制遺跡蛇崎八石地区で検出されたテフラ試料の層位について」『市原市文化財センター研究紀要』V(財)市原市文化財センター (参照 <https://www.city.ichihara.chiba.jp/kiyou>)

蜂屋孝之・大谷弘幸 2021『市原市市原条里制遺跡-(仮称)スポレク健康スクエア用地管理事業埋蔵文化財調査報告書-』千葉県教育委員会(参照全国遺跡報告総覧 <https://sitereports.nabunken.go.jp/files/attach> PDF)

浅野健太他 2023『市原市五所四反田遺跡』市原市埋蔵文化財調査センター調査報告書第 57 集市原市教育委員会 (参照 https://www.imuseum.jp/section/PDF/c057/c057_gosyoshitanda.pdf)

Marine20 による海産物試料の ^{14}C 年代の暦年較正：

真脇遺跡の堆積物コア試料の例

Calibration by Marine-20 of ^{14}C ages for marine samples: Examples for sediment core samples from the Mawaki archeological site

○中村俊夫（名古屋大学）、奥野 充（大阪公立大学）、佐藤鋭一（北海道教育大学）、
高田秀樹（石川県能登町教育委員会）

○Toshio NAKAMURA (Nagoya University), Mitsuru OKUNO (Osaka Metropolitan University),
Eiichi Sato (Hokkaido University of Education), Hideki TAKADA (Noto-cyo board of Education)

1. はじめに

2020 年に公開された最新の暦年較正データセットでは、北半球で生育した植物試料など、南半球で生育した植物試料など、世界中の海洋で生育した海産物試料などの ^{14}C 年代を暦年代へ較正するデータセットが用意されている。このうち、海産物試料では、海洋深層水の大循環の効果をとり入れた海洋炭素リザーバー効果を考慮する必要がある。このリザーバー効果は、それぞれの海産物の産出位置によって異なることが解っており、ローカルリザーバー効果と称され、多くの研究が蓄積されてきた。海産物試料の暦年較正データ Marine20 は、従来用いられていた Marine13 やそれ以前の較正データと比べて質的に大きな変更がなされている。このことが、海産物試料の ^{14}C 年代の暦年較正において混乱を招いているといえる。

2. 陸産試料と海産試料の ^{14}C 年代の比較と海洋の炭素リザーバー効果

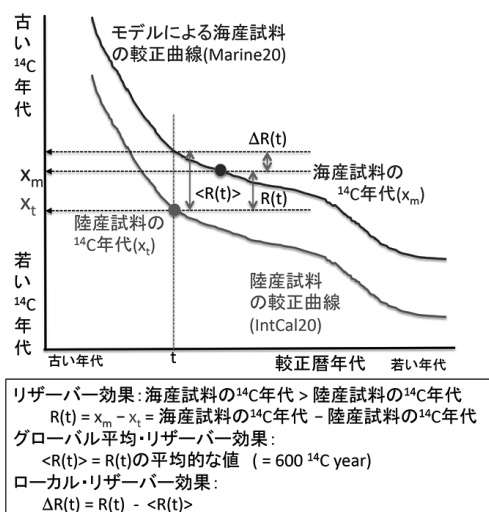


図 1 海洋の炭素リザーバーの意味。同じ暦年代を示すはずの試料でも、海産物試料の ^{14}C 年代は、陸産物試料のそれに比べて古い。

環境中の堆積物試料において、全く同じ時期に堆積して同じ暦年代を示すはずの陸産試料の ^{14}C 年代と海産試料の ^{14}C 年代を比較すると、後者の方が系統的に古い年代を示す。これは海洋の炭素リザーバーによる効果であり、海産物試料の炭素源になる海水中の溶存炭酸イオン (HCO_3^- や CO_3^{2-}) の ^{14}C 濃度は、海洋深層水の大循環により大気中 CO_2 の ^{14}C 濃度よりも低い事による。図 1 では、横軸に較正暦年代を取り、陸産試料の較正曲線と海産試料の較正曲線が比較して示してある。同じ堆積年代（較正年代）になるはずの陸産試料の ^{14}C 年代と海産試料の ^{14}C 年代の差を、後者から前者を差し引いた値としてリザーバー効果年代値 $R(t)$ と定義する（図 1）。海洋水の循環に応じて海域が異なれば、

$R(t)$ は異なる値を示し、また時間 t にも依存する。海産試料の暦年較正では、世界中の海産試料について収集した $R(t)$ を元にして、平均値の $\langle R(t) \rangle$ を求め、それを基にしてモデルに基づいた海産試料の較正データセット Marine 20 が構築されている。Marine 20 では、陸産試料の ^{14}C 年代と海産試料の ^{14}C 年代の差の平均的な値、すなわちグローバルな平均リザーバー効果 $\langle R(t) \rangle$ は約 600 ^{14}C 年とされている。特定の海域で定義されるローカルリザーバー効果 $\Delta R(t)$ は、その場所の $R(t)$ からこの平均リザーバー効果 $\langle R(t) \rangle$ を差し引いた値で示される。従って、海産物試料の ^{14}C 年代が対応する Marine20 の ^{14}C 年代よりも古い時には $\Delta R(t)$ は正の値、新しい時には負の値（図 1 の場合）になる。海産物試料の ^{14}C 年代を暦年代に較正するときには、海産物試料の ^{14}C 年代からその場所に特有の $\Delta R(t)$ を差し引いて得られた ^{14}C 年代を、Marine20 を用いて暦年較正しなければならない（図 1）。 $\Delta R(t)$ の時間 t の依存は一般的には考慮されない。一方、従来用いられていた Marine13 では、海産試料は陸産試料に比較して平均して $\langle R(t) \rangle = 400$ ^{14}C 年程度古いとされ、これが海産試料の暦年較正に用いられてきた。ところが、上述のように、近年、海産物試料についての ^{14}C 年代データが蓄積されたことにより、2020 年に新たに Marine20 が公表されたのである。

3. Marine20 と Marine13 によるローカルリザーバー効果 $\Delta R(t)$ の相違

Marine20 と Marine13 を用いる場合に、ローカルリザーバー効果の違いを例示するために、石川県能登半島に所在する真脇遺跡が立地する沖積堆積物層の 3 本のボーリングコアから得られた陸産試料と海産試料のペアを検討する。ペアとは、ほぼ同じ時に形成された 1 組の陸産および海産の炭素試料である。このペアを用いて、 $\Delta R(t)$ を評価した。

Marine20 を用いてボーリングコア C-4、C-5、C-6 の $\Delta R(t)$ を評価した。C-4、C-5、C-6 コアの $\Delta R(t)$ の平均値は、それぞれ、 -304 ± 104 、 -259 ± 152 、 -258 ± 76 ^{14}C yr、また 3 つのコアの平均値として -274 ± 66 ^{14}C yr と得られ、その絶対値は、Marine20 が示すグローバル平均リザーバー($\langle R \rangle$)である約 600 ^{14}C yr の約半分の値となっている。また $\Delta R(t)$ が負の値であることから、試料の ^{14}C 年代は Marine20 のそれよりも新しい。能登半島の近海には暖流が流れており、表面海水は良く混合されていることからリザーバー効果 $R(t)$ (図 1) は比較的に小さい値を示していると考えられる。

一方、Marine13 を用いた場合には C-4、C-5、C-6 コアの $\Delta R(t)$ の平均値は、それぞれ、 -72 ± 33 、 -30 ± 85 、 -78 ± 74 ^{14}C yr と得られた。平均値は -60 ± 39 ^{14}C yr と、Marine20 から得られる $\Delta R(t)$ の平均値 -274 ± 66 ^{14}C yr からほぼ 200 ^{14}C yr ずれている。Marine20 および Marine13 のグローバル平均リザーバー効果はそれぞれ 600 ^{14}C yr、400 ^{14}C yr と、200 ^{14}C yr の差が示されていたが、Marine20 および Marine13 を用いて得られる $\Delta R(t)$ にはまさに 200 ^{14}C yr の違いがあることと調和している。

4. それぞれのローカルリザーバー $\Delta R(t)$ を用いた Marine20 と Marine13 による暦年較正

真脇遺跡のボーリングコア試料の C-6 コアについて、陸産試料の ^{14}C 年代を IntCal20 を用いて、また海産試料の ^{14}C 年代を Marine20 および Marine13 を用いて、暦年較正を行った。その結果得られた 3 種類の較正暦年代は、互いによく一致した。すなわち、海産物試料の ^{14}C 年代の暦年較正では、それぞれの較正曲線に対応するローカルリザーバー効果 $\Delta R(t)$ を用いて較正すれば、誤差範囲内で互いに一致する較正暦年代が得られる。

河内平野におけるムギ類利用の年代研究

Dating research of use of wheat in the Kawachi plain

○國木田大（北海道大学）、佐々木由香（金沢大学）、山下優介（国立歴史民俗博物館）、
山本華（同志社大学）、佐伯博光（大阪府文化財センター）、米田穰（東京大学）

○Dai KUNIKITA (Hokkaido University), Yuka SASAKI (Kanazawa University), Yusuke YAMASHITA
(National Museum of Japanese History), Hana YAMAMOTO(Doshisha University), Hiromitsu
SAEKI(Osaka Center For Cultural Heritage), Minoru YONEDA (The University of Tokyo)

1. 研究の背景

本研究では、河内平野におけるムギ類利用の開始時期の把握を目的とし、遺跡出土炭化種実の放射性炭素年代測定を行った。近年、土器種実圧痕と炭化種実の分析が進み、これまで弥生時代の畑作物として評価されてきたオオムギやコムギ等のムギ類は、土器種実圧痕としてはほぼ確認されないことが判明した。そこで筆者らは、ムギ類利用の確実な年代を議論するために、土壌水洗で得られた弥生時代と推定される穀類の年代測定を進めてきた。青森県八戸市八幡遺跡では、イネは想定通り弥生時代の年代であったが、ムギ類、アワ・キビ・ヒエの雑穀は、古代以降の混入であることを確認した（國木田ほか 2021）。東京都板橋区西台後藤田遺跡、四葉地区遺跡から出土した弥生時代後期～古墳時代初頭の炭化種実の年代測定では、ムギ類は中世末および近世以降の結果であった（國木田ほか 2020）。茨城県ひたちなか市鷹ノ巣遺跡、半分山遺跡、船窪遺跡、武田石高遺跡、武田西塙遺跡の分析でも、ムギ類の多くは後世の混入であった（稲田ほか 2023）。現状では、関東地方で最も古いコムギの年代値は、武田石高遺跡第 102 号住居跡出土の資料（TKA-23707：1560±20BP）であり、5 世紀中葉～6 世紀中葉（古墳時代中期～後期）に相当する。本発表では、大阪府四條畷市・寝屋川市讃良郡条里遺跡の分析を実施し、近畿地方におけるムギ類利用の開始年代を検討した。同遺跡が所在する河内平野は、この他に葎屋北遺跡（辻本ほか 2006）、池島・福万寺遺跡（大庭ほか 2008）等で、古墳時代のムギ類が多数出土しており、年代的な位置づけを明確にする必要がある。

2. 分析試料

本要旨での分析試料は、讃良郡条里遺跡 80・87・203 土坑、63 溝、竪穴建物 3（古墳時代中期および後期）から出土した炭化種実である（福佐・小林 2011）。80 土坑では不明種実 1 点、87 土坑ではイネ 1 点・コムギ 1 点、203 土坑、63 溝、竪穴建物 3 では各コムギ 1 点の放射性炭素年代測定を行った（計 6 点）。測定試料は、年代測定前に再同定、写真撮影・計測を実施している。試料は全て炭化しており、各 1 粒で測定を行っている。年代測定は、東京大学総合研究博物館で実施した。

3. 測定結果と考察

測定結果を図1に示した。全ての試料が4～6世紀（古墳時代前期～後期）の年代であり、後世からの混入はなかったと考えられる。遺物から判断される遺構の時期は、5世紀第2・第3四半期以降が中心のため、今回の結果はそれよりも少し古い年代値が多いが、確率分布の年代範囲は5世紀前半まで入るので、そこまで大きな齟齬は生じていない。不明種実1点、竪穴建物3の1点を除く4点の年代値は、少なくとも5世紀半ば頃（古墳時代中期中葉）までは古くなると判断できる。今回の結果は、前述の武田石高遺跡や徳島市庄・蔵本遺跡のコムギ年代（PLD-30016：1640±20BP、伊藤ほか2017）とほぼ同時期か、それよりも若干古い年代結果である。近畿地方および関東地方にコムギが普及する時期は5世紀代（古墳時代中期）の可能性が高い。オオムギは、今のところ古墳時代に遡る年代値はなく、船窪遺跡（TKA-23952：1220±20BP）や庄・蔵本遺跡（PLD-30018：1200±20BP）の事例から、8世紀後半～9世紀後半（平安時代前半）に広範囲に普及したと推測され、コムギの普及より遅れるのかもしれない。

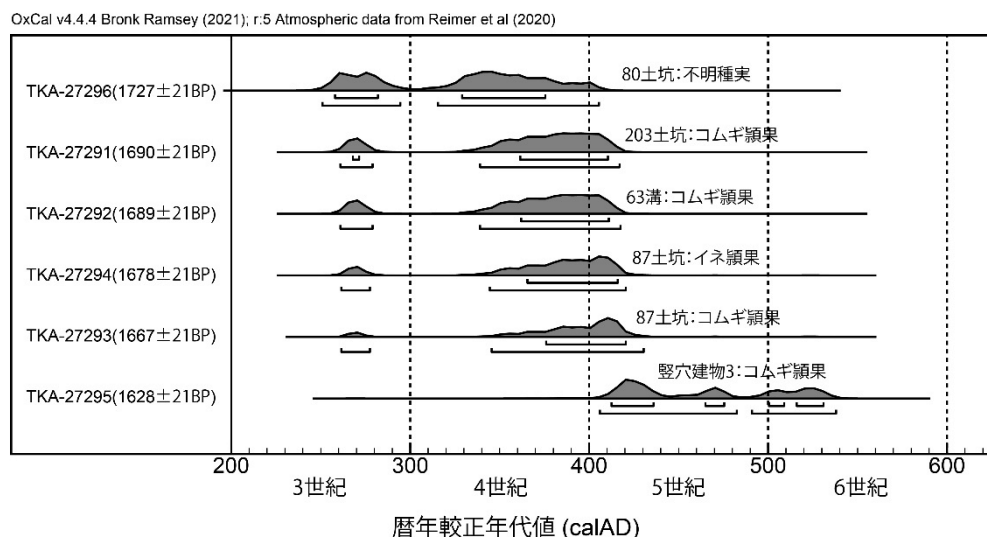


図1 測定試料の暦年較正年代値

謝辞

試料採取に際して大阪府文化財センター、年代測定では東京大学総合研究博物館放射性炭素年代測定室に大変お世話になりました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 伊藤茂ほか2017『徳島大学埋蔵文化財調査室紀要』3、67-77
 稲田健一ほか2023『茨城県考古学協会誌』35、85-102
 大庭重信ほか2008『池島・福万寺遺跡6』大阪府文化財センター
 國木田大ほか2020『日本文化財科学会第37回大会要旨集』100-101
 國木田大ほか2021『日本考古学』52、59-73
 辻本武ほか2006『葦屋北遺跡発掘調査概要・IV』大阪府教育委員会
 福佐美智子・小林千夏2011『讃良郡条里遺跡X』大阪府文化財センター

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

年輪セルロース酸素同位体比を用いた アカガシ亜属出土材の年代決定手法の開発

Development of a dating method for excavated wood of subgen.
Cyclobalanopsis based on oxygen isotope ratios of tree-ring
cellulose

○加藤義和（名古屋大学）、佐野雅規（同左）、福山博章

（京都府埋蔵文化財調査研究センター）、李貞（名古屋大学）、中塚武（同左）

○Yoshikazu KATO, Masaki SANO (Nagoya University), Hiroaki FUKUYAMA (Kyoto Prefecture
Research Center for Archeological Properties), Zhen LI, Takeshi NAKATSUKA (Nagoya University)

遺跡から出土する木材の年代を決定する方法として、近年になって急速に整備が進んでいるのが、年輪セルロースの酸素同位体比（ $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ ）の変動パターンを用いた酸素同位体比年輪年代法である。光合成に利用される葉内水の酸素安定同位体比は、「降水（水蒸気）の酸素同位体比」と「大気中の相対湿度」という二つの水文気象学的な要因によって決まるため、原理上、樹種の違いによる $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の差は生じない。しかし、試料として扱う木材の構造は、細胞の種類や大きさ、その配列などが樹種によって大きく異なる。木材の年代決定を正確に行うためには、1年分の年輪の境界を正確に判別することが必須であるため、樹種に応じた年輪境界の判別手法を検討、開発する必要がある。

アカガシ亜属（*Cyclobalanopsis*）はブナ目ブナ科コナラ属（*Quercus*）の一亜属で、日本の暖帯照葉樹林の主要な構成要素を成す高木の常緑広葉樹であるその材は重硬・強靱で弾性に富み、耐湿性がある。このような特性を持つアカガシ亜属の木材は用途の幅が広く、農工土木具や容器などとして選択的に利用されていた。そのため、アカガシ亜属が分布する関東から九州地方の遺跡では、木製品、未成品や原材料としてアカガシ亜属の木材が出土する事例が多く、これら木質遺物の年代を酸素同位体比年輪年代法によって決定することができれば、考古学研究を大きく進展させることになるだろう。

しかし、アカガシ亜属においては、組織標本を作らない限りは年輪境界が判別し難い場合が多いため、他の樹種には適用できていた従来の「板ごと抽出法」による年輪セルロースの抽出や年輪境界の判別手法が通用しないことが多い。そこで本研究では、アカガシ亜属の出土材が抱えるこのような課題を克服し、酸素同位体比年輪年代法による正確な年代決定を行うための試料作製プロトコルの開発を目的とした。

初めに、「極薄版（厚さ 0.5mm 程度）を用いた板ごと抽出法」と「セルロース極薄版の透過光による観察」を組み合わせた新しいプロトコルを、年代が既知の試料（名古屋市内で採取したアラカシ *Q. glauca* の現生木）に適用した。このアラカシ現生木から得られた $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の年変動パターンは、「名古屋市におけるその年の夏の月平均相対湿度」と有意な負の相関を示したことから、このプロトコルでは年輪境界の判別が正確に行われ、年層単位での $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の正しい値が

得られることが証明された。また、このアラカシ現生木の $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の年変動パターンは、同じく名古屋市内で採取されたアカマツ *Pinus densiflora* およびコナラ *Quercus serrata* 現生木の $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の年変動パターン、および中部日本における $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ のマスタークロノロジーとの間でそれぞれ有意な正の相関があった。このことから、アカガシ亜属の $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の年変動パターンは他の樹種と似通っており、既存のマスタークロノロジーを用いて年代決定ができることが示唆された。

続いて、小樋尻遺跡（京都府城陽市）から出土したアカガシ亜属の自然木丸太9点に今回のプロトコルを適用し（図1）、得られた $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ の年変動パターンと中部日本における過去約2600年分のマスタークロノロジーとを比較することで、年代決定を試みた。その結果、4点については、プロトコルを適用することで年代を決定することができた。これらの試料は、従来のプロトコルでの落射光による観察では年輪境界が判別できず、正しい年代決定が不可能であったと考えられる。このことは、今回のプロトコルが、アカガシ亜属出土材を年代決定する上で有用であることを示している。今後、各地で出土しているアカガシ亜属製の木器や自然木の年代決定を進めることにより、木質遺物の考古学に大いに貢献することができよう。

今回のプロトコルの開発は、酸素同位体比年輪年代法におけるマスタークロノロジーの今後の拡充にとっても重要な成果である。 $\delta^{18}\text{O}_{\text{cel}}$ を決めるのは水文気象学的な要因であり、樹種の違いによる差は生じない。そのため、酸素同位体比年輪年代法においては、樹種間での交差年代決定（クロスデーティング）も原理上は可能である。酸素同位体比年輪年代法における既存のマスタークロノロジーでは、スギ *Cryptomeria japonica* やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* といった針葉樹が主に用いられてきたが、今後、アカガシ亜属の出土材、特に、年輪数の多い試料での年代決定例を増やし、既存のマスタークロノロジーと統合していくことにより、より精緻かつ広範なマスタークロノロジーの構築が可能になるだろう。

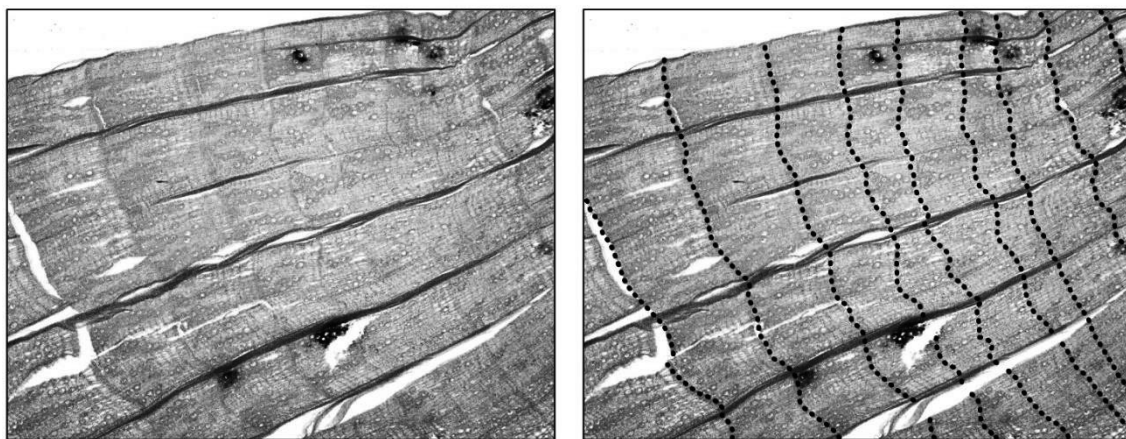


図1. 小樋尻遺跡におけるアカガシ亜属出土材（KHJ_111）のセルロース極薄板の拡大画像（透過光で観察）。右図では、年輪境界の位置を黒い点線で示す。撮影倍率は10倍。右下のスケールは1cmを表す。

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

測定 と 調査

—¹⁴C 年代測定と古建築年代調査について—

¹⁴C Dating Measurement and

Architectural Investigation of Historical Buildings

中尾七重（山形大学）

Nanae NAKAO (Yamagata Univ.)

1. 問題の所在

私が放射性炭素（¹⁴C）年代測定を初めて古建築に適用した 2003 年には「古建築の ¹⁴C 年代測定」としたが、2012 年以降は「古建築の ¹⁴C 建築年代調査」に調査名称を修正した。科学的古建築年代調査には「年代測定」と「古建築調査」の融合が不可欠と気づいたのである。

木材最外層の形成年代を明らかにする「年代測定」は、古建築「年代調査」の、重要ではあるが一部分である。【A 復原考察・建築構造に基づく部材選択】【B 追加測定の判断】【C 解析結果の建築的解釈】【D 歴史情報との照合】の手法を欠いた「年代測定」は疑似科学となる危険性がある¹。然るに、年代測定で事足りるとする建築年代調査が行われているのが現状である。

2. 千葉県指定有形文化財旧藪家住宅の事例にみる古建築年代調査の技法

旧藪家住宅は移築伝承を持つ旗本名主民家で、1988 年に千葉県山武市板川から芝山町芝山公園に移築・復原・保存公開された²。2018 年に旧藪家住宅の ¹⁴C 年代調査を実施し、前身建物が 17 世紀末に建設、18 世紀後期に板川に移築され、その時に大改造されたことが判明した³。

初回調査で①シイ柱、②スギ柱、③マツ梁の 3 点を測定した。①は予測通りの 17 世紀後期であったが、材種が異なるため選定した②は年代が絞り込めず、③は修理工事の入替材だった。2 回目調査で改造年代解明のため、年輪数の少ない④下屋柱、⑤繫梁、⑥又下屋柱、⑦差鴨居を測定した【A】【B】。最外年輪層の年代を特定することが必ずしも最優先事項ではないのである。④と⑥は 18 世紀末となり、②と⑦も解析の確率と痕跡から同時期と判断した【C】。以上より、当初とされてきたのは前身建物で、18 世紀の板川移築時に現在の姿になったことが判明した。

旧藪家①のような年輪幅が大きい良質のスダジイ材は、17 世紀に利根川流域で伐採され、幕府役屋民家に用いられたことが分かっている⁴。旧藪家住宅は「背面下屋造」の「九間型平面」という幕府役屋の形式であることから、前身は 17 世紀に利根川流域の新田開発で建設された役屋民家と考えられる【D】。その後 18 世紀に山武地域で新田開発が行われ、利根川流域から板川

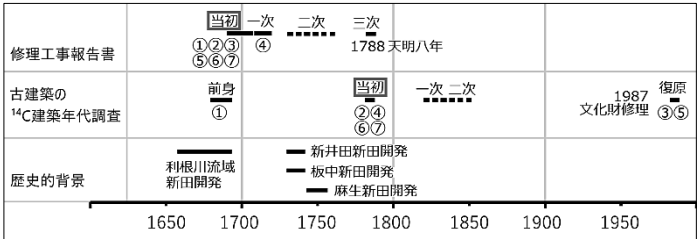


図 1 旧藪家住宅の年代観、部材、建物変遷、歴史的背景

に役屋民家部材が運ばれ、大改修して組み立てられたのが旧藪家住宅である。土間部分と床土部分で当初番付は異なり、桁行梁や桁が土間床土境で継がれているのは、床土軸部を移築し、土間部分は板川で新設したためである【C】。古建築年代調査に年代測定を組込むことで、年代・樹種・植生・痕跡・架構・地域史の知見が整合した。こうして東関東地域の新田開発という歴史事象が明らかになり、旧藪家住宅の建築年代を確定し位置づけることができたのである。初回調査の年代測定だけでは、「17世紀建築が確かめられた」という間違った結論になるところであった。

3. 建築年代について

これまで古建築は建物を一体として様式・型式が判断されてきた。年代調査により、古材を用いた再建、前身建物を再用した大改修、軸部と小屋の年代差、移築時の大改修、外観の大変更、間取りの大変更などの年代が判明し、建築年代の定義に新たな課題が生じている。また、歴史学、建築史学、文化財科学はアプローチや目的の違いがあり、学術的には、仮説・解釈としての建築年代は複数存在し得る。一方、文化財指定においての建築年代は異論が望ましくない。維持保存修理に税金が充てられる指定文化財は専門権威者の評価・価値づけが求められ、裏付けの年代測定調査は、その年代観に沿うように確証バイアスが働きやすい。調査担当者・研究者の¹⁴C年代測定技術と古建築理解、事実重視と視野の広さが年代調査の成否を左右するのである。

表 1 旧藪家住宅データ一覧

部材番号	部材名 番付	表面・木取 樹種	年輪位置 (最外層を1)	測定番号	14C年代 (yrBP±σ)	校正年代(確率) ／IntCal13		備考 pMC：現代炭素率
①藪家1 CBSYB-1	柱 を六	四方証 シイ	1-5	YU-8408	207±20	1651-1668(95.5%)		不採用
				YU-8707	209±20			
			21-25	YU-8409	340±20			不採用(汚染?)
				YU-8708	305±20			
			34-38	YU-8410	527±20			不採用(汚染?)
				YU-8709	356±20			
②藪家2 CBSYB-2	柱 か六	芯持・ノタ スギ	1-5	YU-8411	146±20	1681-1704(13.0%) 1727-1778(31.4%)		
			7-11	YU-8412	136±20	1807-1821(7.5%) 1839-1884(19.1%)		
						1919-1946(24.4%)		
③藪家3 CBSYB-3	桁行梁 り四～た四	芯持・ノタ マツ	1-5	YU-8413	現代炭素		125.662±0.243pMC	
			21-25	YU-8414	現代炭素		118.458±0.214pMC	
			40-44	YU-8415	117±20			
④藪家4 CBSYB-4	柱 と九	芯持・ノタ マツ	1-5	YU-9568	253±20	1788-1799(95.4%)		
			11-15	YU-9569	221±20			
			22-26	YU-9570	166±20			
⑤藪家5 CBSYB-5	繫梁 と八～と九	不明 マツ	1-5	YU-9571	現代炭素		166.72±0.249pMC	
			21-25	YU-9572	現代炭素		97.101±0.181pMC	
			40-44	YU-9573	現代炭素		97.948±0.179pMC	
⑥藪家6 CBSYB-6	柱 ね又八	芯持・ノタ スギ	1-5	YU-9574	278±20	1786-1798(95.4%)		
			17-21	YU-9575	193±20			
⑦藪家7 CBSYB-7	差鴨居 た六～ね六	2ツ割・辺材 マツ	1-5	YU-9576	176±20	1671-1688(19.1%) 1739-1787(55.0%)		
			6-10	YU-9577	178±20	1799-1810(7.9%) 1935-(13.5%)		

¹ 中尾七重、古建築¹⁴C年代調査における建築史学の役割、武蔵大学総合研究所紀要 24、2015.6

² 財団法人文化財建造物保存技術協会編、千葉県指定有形文化財旧藪家住宅保存修理工事報告書、1989.1

³ 中尾七重、千葉県指定文化財旧藪家住宅の建築年代と変遷、2020年度日本建築学会関東支部研究報告集 II、9016、pp.533-536、2021.3

⁴ 中尾七重・坂本稔・箱崎真隆、利根川流域の17世紀民家のスタジイについて、日本文化財科学会第37回大会発表要旨集、2020.9

謝辞 坂本稔先生(国立歴史民俗博物館)、門叶冬樹先生(山形大学)、日塔和彦先生(元東京藝術大学)、安井妙子先生(阿部和建築文化研究所)に感謝申し上げます。

纏向遺跡195次調査SK38から出土した昆虫遺体

特にチャバネゴキブリについて

○初宿成彦(追手門学院大学／大阪市立自然史博物館)、橋本輝彦・西村知浩(桜井市立埋蔵文化財センター)、梅原若羽・佐々木香奈・杉山里菜・新田花香・松田和花・宮路淳子(奈良女子大学)

纏向遺跡第195次調査(奈良県桜井市)において検出されたSK38は、祭祀遺物を多数含む古墳時代前期前半(3世紀後半・布留0式期)の土坑である。層位ごとに土壌を採取し、5mm、1mm、0.5mmの篩を用い、フローテーションと水洗篩別を実施した結果、多くの動・植物遺存体が検出された。今回はそのうち昆虫遺体について報告する。

1 出土層位

下層(腐食層)

マメガムシが完全な水生甲虫であること、コヒメヒョウタンゴミムシ、ヨツモンコミズギワゴミムシ、キアシヌレチゴミムシ、セマルガムシ、ナミアオゴミムシが池や河川の縁など湿った地表にすむ不完全な水生甲虫であることから、水の貼られた田んぼや池のような止水、およびその周辺には濡れた地表が伴う環境が示唆される(イネの害虫は含まれていない)。オオオサムシ亜属の一種が見つまっていることから当地または近傍に森林環境の存在が想定できるが、その他は草原環境に見られるものが多いことから、疎林のようなものがごく一部にあったものの、止水域を伴うオープンランドが主体であったと考えられる。チャバネゴキブリについては後述する。

上層

オオゴミムシ、マルエンマコガネ、ヒメコガネ、クロクシコメツキの4種が見つまっている。上述の腐食層が水生甲虫や湿地性甲虫を多く含むのに対し、本層からは完全に陸生のものしか見つからない。マルエンマコガネは糞や腐敗動物質にも来る性質があり、何らかの人を含む動物との関わりが示唆され、それ以外の3種は草原環境に見られるものばかりであること、時代が下がって乾燥化が進んだ可能性があることを推定できる。

2 チャバネゴキブリについて

全世界的な害虫として知られるチャバネゴキブリは、永くアフリカ北東部が原産地とされ、ギリシャ人やフェニキア人の船に紛れ込んで、地中海からヨーロッパに渡ったと考えられていた。英国に到達したのは19世紀半ば(クリミア戦争の時)で、その後、北米へも渡って多数繁殖し、北はアラスカにも分布する。豪州では1893年に最初の記録がある。日本では貿易に伴って江戸時代末期ごろに入って来たという記述がある(朝比奈, 1991:ただしその根拠は不明)。

今回、そのチャバネゴキブリが纏向遺跡から産出した。日本には近縁種が4種あり、前胸背板

の模様で区別される(図1)が幸い今回はその部位が産出したのでチャバネゴキブリであると同定できる(図2)。

また、文献の調査中に池上曽根遺跡(大阪府和泉市・泉大津市)の松之浜曽根線に伴う発掘調査報告書(大阪府教育委員会1990)においてSD15(自然流路)の古墳時代中期後半頃(5世紀後半)とみられる土層からチャバネゴキブリが産出しているのを発見した(同報告書では同属の野外種モリチャバネゴキブリとしているが明らかに誤同定である(金沢・宮武, 1990))。

今回産出したチャバネゴキブリは表面の毛がすべて抜け落ちていること、また時期は少し離れるものの、古墳時代の2遺跡からそれぞれ別々に産出していることから、紛れ込みの可能性は低く、古墳時代にはすでにチャバネゴキブリが日本に存在していたと考えられる。

近年になって、チャバネゴキブリは実はアジア原産ではないかということが言われている。Tangら(2019)は沖縄から東南アジアに分布する野外性のオキナワチャバネゴキブリがDNAによる系統解析や交配実験から、世界中の数あるチャバネゴキブリ*Blattella*属の中で、オキナワチャバネゴキブリとチャバネゴキブリが互いに最も近縁であると述べ、アジア起源説を強調している。なおObataら(2022)は九州で発掘された縄文土器に残された圧痕から、定説では中国南部原産とされるクロゴキブリが当時から日本にいたらしいことを示唆し、さらに日本原産の可能性にも言及している。

世界的に害虫として知られるゴキブリ2種は、ともに日本原産かもしれない。

引用文献

朝比奈正二郎1991『日本産ゴキブリ類』p.253 + 11 pls. 中山書店

大阪府教育委員会編1990『史跡池上曽根遺跡発掘調査概要松ノ浜曽根線建設に伴う発掘調査』p.122+55pl.

Obata H, Sano T, Nishizono K, 2022, The Jomon people cohabitated with cockroaches—The prehistoric pottery impressions reveal the existence of sanitary pests. *Journal of Archaeological Science: Reports* (45).

<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103599>

金沢至・宮武頼夫1990「昆虫遺体の報告」『史跡池上曽根遺跡発掘調査概要』pp.107-115+1pl.大阪府教育委員会

Tang Q, Bourguignon T, Willenmse L, Coninck ED, Evans T (2019) Global spread of the German cockroach, *Blattella germanica*. *Biological Invasions* 21:pp. 693–707.

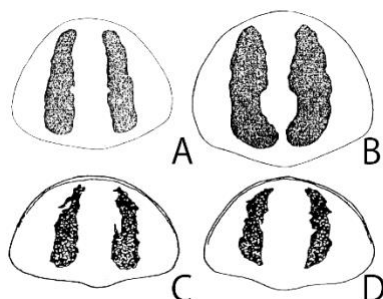


図1：前胸背板の模様

A: チャバネゴキブリ

B: モリチャバネゴキブリ(本州～奄美大島、済州島)

C: ヒメチャバネゴキブリ(高知県以南:北米移入)

D: オキナワチャバネゴキブリ(沖縄島、スリランカ、インド)

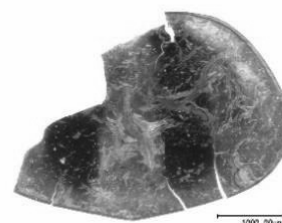


図2：縄文遺跡で産出した
チャバネゴキブリの前胸背板
図1のAと一致する。

奈良市吉備塚古墳出土埴輪の考古学的・自然科学的検討 —携帯型EDXRF非破壊分析の運用化—

Archaeological and Natural Scientific Study of Haniwa recovered
from KIBIZUKA Tumulus in Nara City

—Practical application of non-destructive analysis by handheld EDXRF—

○金原正明(奈良教育大学), 西村奏(岡山県古代吉備文化財センター), 村島大賀(奈良教育大学)
青木智史(奈良教育大学), 金原裕美子(一般社団法人文化財科学研究センター)
○Masaaki KANEHARA(Nara University of Education), Kanade NISHIMURA(Okayama prefectural Ancient
Kibi Cultural Properties Center), Taiga MURASHIMA(Nara University of Education), Satoshi AOKI(Nara
University of Education), Yumiko KANEHARA(Cultural assets scientific research center)

1. はじめに

奈良市高畑町の奈良教育大学構内に所在する吉備塚古墳の出土遺物整理の一環として、出土埴輪の整理検討を進めている。吉備塚古墳は5世紀末頃と6世紀中頃の二つの埋葬施設があり、鏡や環頭大刀や馬具が出土している。埴輪は樹立位置からの出土はなく、後世に改変された堆積層から出土し破片ばかりである。考古学的検討を行い、胎土の検討を加え、携帯型EDXRFによる非破壊分析による検討を産地同定も念頭に行った。

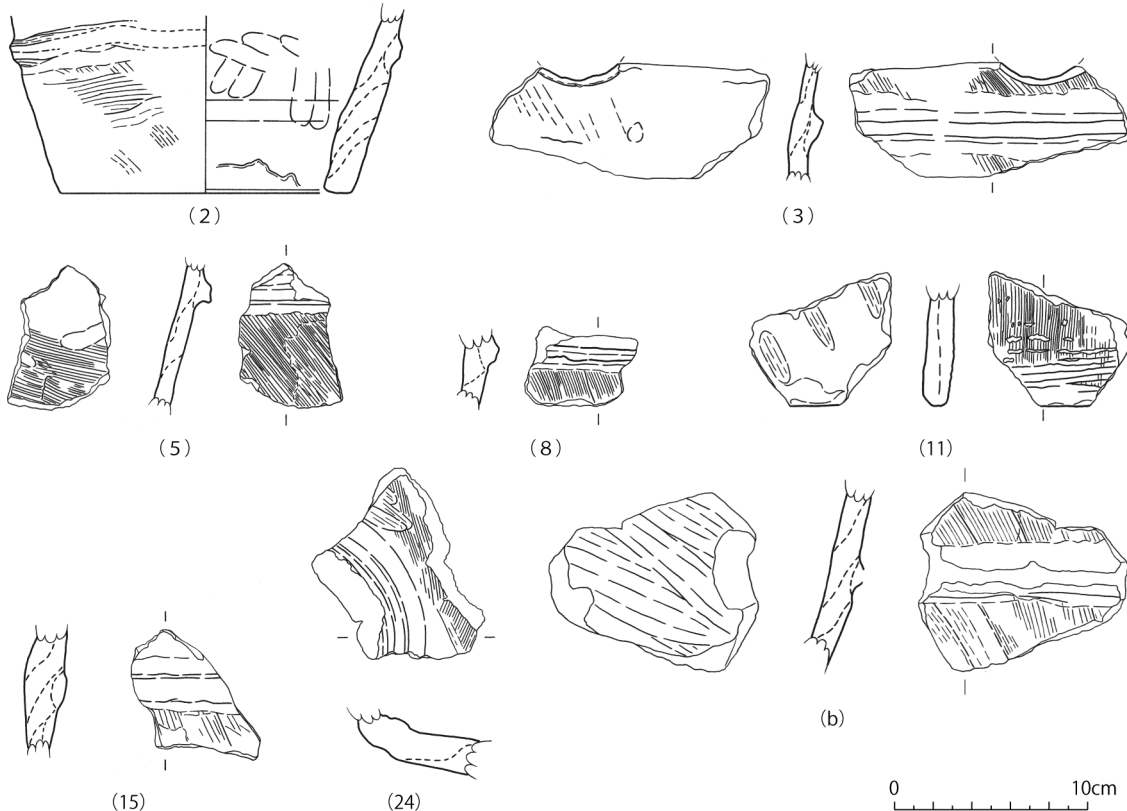
2. 埴輪の分類と検討

対象とした資料は、埴輪57点のうち大きさや表面状態が実測及び観察に耐え得る31点である。いずれも破片資料で突帯間隔が分かるものは無く、径や底部高が分かるものも限られる。円筒埴輪と形象埴輪が混在しており、蓋形が散見される。今回はその他の各要素を総合的に評価した上で複数の共通点を有するものを群として分類した。

最大厚は0.8~3.1cmのものがある、計測は突帯部分以外で行った。表面調整は外面に一次調整としてのタテハケが多く見られ、ヨコハケは非常に少ない。内面はナデ調整が中心となる。焼成は堅緻、良、不良に分けられ、堅緻な資料の一部は須恵質である。胎土に含まれる砂粒は2mm以下の花崗岩片、石英、長石、チャートが主である。

A群) 最大厚1.0~1.5cm、内外面共にナデ調整が見られるものが多く、丁寧な作りである。焼成は良で一部は胎土に5mm大の石英重円礫を含む。5.6YR, 5.6, 4.6 <1, 3, 4, b>

B群) 最大厚1.0~1.4cm、底部破片9は1.9cmで最下部が肥厚する。外面タテハケ調整、内面ナデ調整でハケ工具が8~10条/cmと細かい。焼成は堅緻で胎土中の砂粒が少ない。2.3Y, 4.7, 1.6 <8, 9, 10>



奈良市吉備塚古墳出土埴輪 (1/4)

C群 最大厚1.0～1.5cm、外面タテハケで内面一部にヨコハケが見られる。焼成は堅緻で胎土中の砂粒が少ない。6.9YR, 5.3, 3.6 < 5, 6, 7>

D群 最大厚1.0～1.5cm、底部破片11は底部外面に横位の二次調整が施される。焼成は良で胎土中の砂粒が少ない。6.2YR, 6.2, 3.9 < 11, 19>

E群 最大厚1.6～2.0cm、風化が著しいが外面の一部にハケ目が残る。焼成は不良で突帯の作りが鈍く、製作時から胎土が軟質であったことが推察される。一部は胎土に5mm大の花崗岩片

石英亜円礫を含む。形象埴輪か。5.7YR, 5.8, 6.9 < 12～17>

F群 最大厚1.0～1.5cm、底部破片2は外面にヨコハケが一部見られる。焼成は良で、胎土に2～3mmの黒色斑点を含む。形象埴輪か。3.6YR, 4.9, 4.8 < 2, 24>

規格や調整の観察が十分に観察されない破片は胎土によって分類に加え、色彩と焼成と砂粒からIからXIの11に分類された。

3. 色差計、実体顕微鏡による観察

色と砂粒の観察は、色差計（コニカCR-20）で、計測し実体顕微鏡（30倍）で砂粒の観察を行った。L*a*b*表色系とマンセル表色系で記録し、a*とb*の計測結果を図に示す。砂粒の観察は鉤物および岩石片の多さを++++（スリープラス）法で記録し、2mm以上は礫、0.5mmまでを粗粒、1/4mm以下は細粒とし、粒子形状は角、亜角、亜円、円で記録した。特に地域的なチャート礫、極めて透明な石英の角粒、不明の黒色粒子、赤褐色粒子が特徴的であった。

4. 携帯型EDXRF非破壊分析の検討

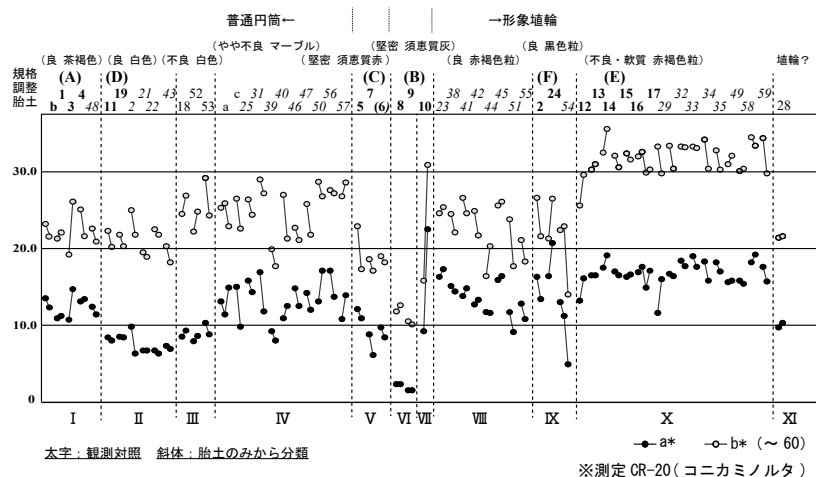
携帯型EDXRFはNITON XL2-950Plus（一般社団法人文化財科学研究センター所有）を用い、付随プログラムによって検量線法とFP法を用いた値が供出される。事前に標準試料および鉤物および標準試料の測定を行い、エネルギー分散型および大気雰囲気下、測定時間、非破壊によるなど、機種とプログラムおよび測定条件による特性や測定限界および測定の安定性を調べて有意性を検討して、実際の測定を行った。実際の測定は埴輪の外面と内面で行った。元素にもよるが差異があり分類が行えた。

5. 結果とまとめ

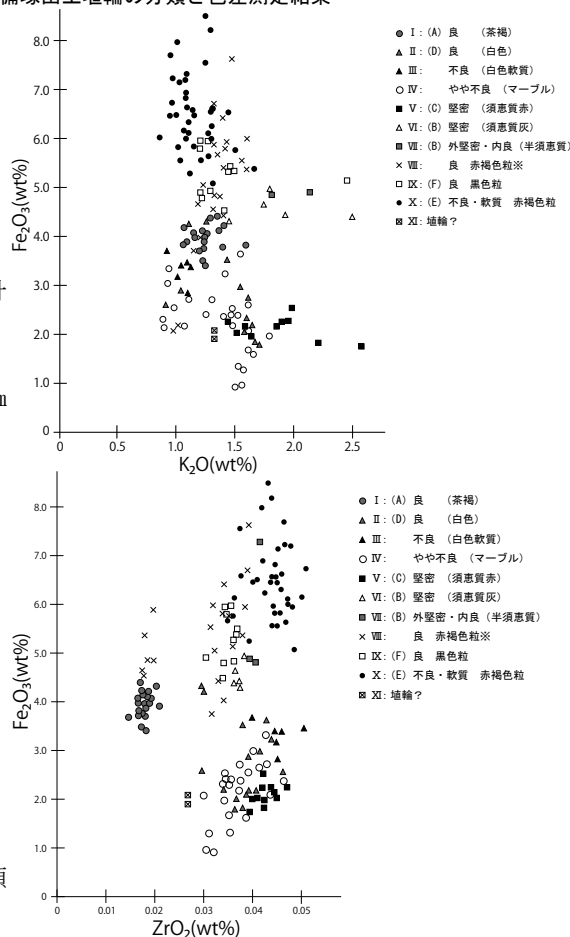
埴輪の規格、調整、胎土、色差、砂粒の実体顕微鏡観察による分類と、EDXRF分析とは、ほぼ同じ分類を示す結果で得られたが、偏り程度で明瞭に分かれないもの、EDXRF分析で新たに分かれものもあった。

砂粒はチャート、透明度の高い石英の角粒、黒色および赤褐色の粒子が特徴的で、黒色粒子は熱による発泡がみられるなど、大きな特徴が観察された。非破壊で行ったEDXRFによる分析結果は、外面内面によって若干の値の異なりがみられ、偏った程度の範囲でしか分けられないものもあるが、分類と同じ複数の胎土があることが示唆された。また、白色から赤色の色彩の変異はFe含有の差異が認められた。

吉備塚古墳は先述の通り埋葬施設を2基有する埴輪であり、出土埴輪も5世紀末頃、6世紀中頃の二時期のものが混在する可能性が考えられる。今回のEDXRF分析で得られたデータはその可能性を踏まえた上でも多種類の胎土が用いられていることを示すものであった。当時期の埴輪の生産地について改めて考えさせられる結果となった。今回の研究では形象埴輪と円筒部の基底部がEDXRF分析によって同じ群に含まれることが示された。考古学的検討でも同じ群に分類されていたものであるが、同じ形象埴輪であると断定するには根拠が弱い。このように部位や器種の分りにくい破片資料の観察・分類の補強が可能であることが示された。



吉備塚出土埴輪の分類と色差測定結果



大規模水害で被災した有機質資料のレスキュー・安定化 のための技術移転と専門家育成

Technology Transfer and Expert Development for Rescue and Stabilization of Organic Materials Damaged by a Large-scale Flood

○松田泰典(東洋美術学校)・小野慎之介(同)・水落貴志(同)・天野真志(国立歴史民俗博物館)
高鳥浩介(カビ相談センター)・新美琢磨(川崎市市民ミュージアム)・佐藤美子(同)

1. はじめに

近年の日本では、気候変動の影響とされる巨大台風や線状降水帯が頻発し、また東日本大震災時の津波を含め、これまでにないような狭域・広域での浸水被害を経験している。水害で被災した紙などの有機質の文化資源（以下、資料）は、変形や変色、カビ感染、悪臭、塩害などの後遺症が発生し、被害を最小限に食い止める手段の導入が必要である。できるだけ早期のレスキュー、洗浄や乾燥などの工程による安定化処置がなければ、資料の再活用は困難である。ただ大規模水害では一時期に大量の資料が被災するという特徴があり、レスキューや処置に要する作業工数や要員が多めで、緊急対応に窮することが多い。対応の遅れが被害を拡大させ、安定化への道筋が困難になることも多く、被災現場での OJT による効果的な技術移転と同時に平時におけるトレーニングや被災資料を専門とするコンサバター育成に関する積極的構えが必要と考える。

2. 川崎市市民ミュージアム (KCM) の収蔵庫被災

2019年10月の台風 19 号による内水氾濫で KCM の地下収蔵庫へ生活排水が侵入した。内部が 3m 以上冠水し、1 週間にわたる浸水で収蔵品の大半 23 万点の資料が被災した。漆喰・木造



図1 カビ被害を受けたポスター

壁や有機質資料は変形・変色し、カビが大量発生、さらに悪臭も発生した。浸水による床や棚の破壊・転倒などでサルベージが困難を極め、また作業者の健康被害も危惧されるなか、冷凍庫や真空凍結乾燥機を導入しつつ、資料の搬出が完了したのは半年後であった。この間の被害進行は想像に難くなく、甚大被害を受けた大量資料のレスキューや応急処置に対する課題が山積した。この「mass-conservation」に対応する要員の確保（社会人ボランティアの組織化、教育機関・フリーランス専門家の役割）と技術移転、さらに被災資料を専門とするコンサバターの育成が求められ、一方で現場を指揮するコーディネーターの役割についても検証しておく必要がある。

3. mass-conservation に対応する要員の確保と技術移転

甚大な被害を受けた大量資料への対処には作業工数が増大するため、恒常的な要員の確保が課題となる。リスク・マネジメント・サイクル（図2）において、現在は黒色部分5（安定化と復元）のフェーズにあり、長期にわたる工程が予想される。協力機関によるサポートが期待できても長丁場となる作業には不十分なため、専門を学ぶ学生や社会人ボランティアの組織化と活用を図る必要があり、現場での経験者によるOJTを通して彼らへの知識や技術の移転が不可欠となる。

被災資料は個別の特徴があり一般化できない部分もあるが、被災時だけでなく、平時におけるトレーニングも人材確保には効果的である。例えば、天野真志が実施するワークショップは、被災時の現場対応を想定したディスカッションと実践を中心に据え、技術習得に先立つ被災資料の観察と具体的な緊急対応法の検討を、被災資料を模したモックアップ資料を用いて実施している（図3）。ここでの主眼は、災害発生時における対応として被災物の量的・質的特徴を踏まえた技術選択の考え方を学ぶことにあり、災害対応の全体像を念頭に置いた技術・知識の活用法を学ぶ実践的トレーニングである。

4. 被災資料の保存修復を専門とするコンサバターの育成

資料の被災に関する報道も増え社会の認知度も高くなってきたが、被災資料への対応が業務の1/3を占めるとされるコンサバターの人材育成は依然として直面する課題である。KCM 被災直後から東洋美術学校保存修復科では被災マンガ原画のレスキュー・安定化処置への協力を進め、教育カリキュラムのなかに自然災害や被災の実状についての講義、カビの基礎知識や培養法や観察法、防除法などの実習、カビに汚染されたマンガ原画の安定化技術等の実習を設けている。一方 KCM は情報公開や普及の活性化に励み、被災現場の見学やOJT下で文書資料の技術研修を実施しており、技術移転を受けたミュージアム関係者、学生・卒業生、社会人が参画している。

KCM の大規模被災や迫りくる災害について考えると、mass-conservation の基盤に立ち、カビの基礎知識や被害の調査・分析の能力を具え、被災資料の安全なクリーニング、乾燥法、収蔵・展示環境などの安定化技術をもった「被災資料を専門とする保存科学者（disaster-measure conservator）」の育成が求められる。水害や地震など自然災害の発生予測に促せば、発災時と平時との壁を低くするフェーズ・フリーの視点が肝要で、遺産保護へ十分な構えが急務である。



図2 KCM における被災資料のリスク・マネジメント・サイクル



図3 被災資料を模したモックアップ資料による技術移転トレーニング

京都府奈良岡遺跡からみた弥生時代中期後半における ガラスの舶載と再加工

Import and Reprocessing of Glass Beads in the Late Middle Yayoi Period as Seen from the Case of the Naguoka Site in Kyoto

○田村朋美（奈良文化財研究所）、大賀克彦（奈良女子大学）、
○Tomomi TAMURA (Nara National Research Institute for Cultural Prosperities.),
Katsuhiko OGA (Nara Women's University)

はじめに

日本列島のガラスの歴史において、弥生時代中期後半は大きな画期である。すなわち、時期的な位置付けが確実なインド・パシフィックビーズが初めて出現することや、本州西半域にもガラス製品が流通するようになり、北部九州とは大きく異なった様相を示す点などが注目される。しかし、出土事例が少ないこともあり、分析調査はほとんど行われていない。そこで、画期となる弥生時代中期後半に注目した調査を行った。

1. 調査の方法

観察による製作技法の推定と、蛍光 X 線分析による化学組成の調査を実施した。化学組成分析については、後述する奈良岡遺跡出土品のみ所蔵機関に可搬型のエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（OURSTEC、100FA）を持ち込んで測定を実施した。上記以外については、据え置き型のエネルギー分散型蛍光 X 線分析装置（EDAX、EAGLAI）を用いて測定した。いずれの場合も、測定結果はガラス標準試料を用いて補正した FP 法により、検出した元素の合計が 100% となるように規格化し、重量百分率（wt%）で算出した。

2. 奈良岡遺跡におけるガラス玉の加工

弥生時代中期後半には、既に本州西半部でもガラス玉の加工が行われている。大阪府北部の東奈良遺跡や京都府北部の丹後半島中央部に立地する奈良岡遺跡が代表例である。本研究ではガラス玉の加工に関わる資料が多数出土している奈良岡遺跡に注目した。

奈良岡遺跡は、小さな丘陵の斜面に構築された建物群において、鉄器加工と碧玉製管玉や水晶製算盤玉の製作が大規模に行われた手工業生産遺跡である。ガラス玉の加工に関わる資料が出土したのは第 7・8 次調査の調査区であり、80 点が確認できる。

蛍光 X 線分析の結果、出土したガラス製品は、青色系のカリガラス（Group P）と青緑色系の鉛バリウムガラス（Group LI）に区分された。

カリガラスの多くは、やや大ぶりのインド・パシフィックビーズをミカン割り状に分割した後、中央部に穿孔を行うという再加工に関わる資料である（図 1 左）。他に、複数の破片が不整な塊状に融着したものが存在し、勾玉が製作された可能性がある。風化の影響などから確実な判断は

困難であったが、これらのカリガラスは既存の材質分類における Group PI に類似するカリガラスでありながら、銅とマンガンで複合的に着色された類例が乏しい種類であることが判明した。

一方、鉛バリウムガラスは未加工のカレットを直接、研磨した後、穿孔するという手順でやはり小玉に加工されている。

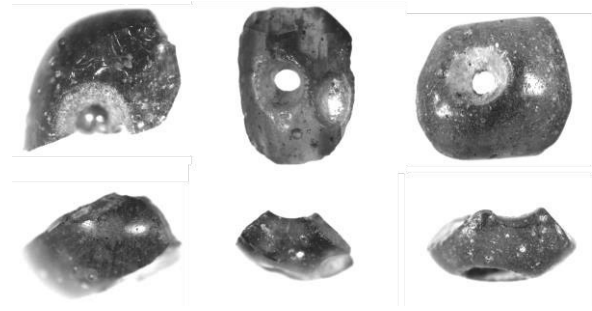


図1 カリガラス製の分割ガラス小玉
左：奈具岡遺跡、中：京都府左坂 14-1 号墓、
右：静岡県愛野向山 B10 号墳

3. 「分割ガラス小玉」の材質調査結果

奈具岡遺跡で行われていたような、完成品であったガラス製品の再加工によって製作されることを特徴とするガラス小玉を「分割ガラス小玉」と呼称すると、カリガラス製、鉛バリウムガラス製ともそれぞれ 60 数点の出土例を確認している。ガラス小玉の種類としては該当事例が少なく、製作がそれほど長期間に及んでいたとは考え難い状況である。両者は時期的な消長や流通範囲に相違が認められることから、ここではカリガラス製の分割ガラス小玉の調査結果を示す。

カリガラス製分割ガラス小玉の分布は、兵庫・大阪・奈良など近畿地方中央部に集中し、鳥取～京都府北部の日本海にも比較的多い。ただし、鳥取から四国東部を結ぶラインを西限とし、中国地方西部～九州では出土しない。東日本では東南北部まで広く散漫な出土が知られるが、静岡県下に集中することと、北陸での出土が認められないことが注目される。出土遺構は墳墓、竪穴住居、包含層など様々である。竪穴住居のように開放的な遺構から出土した事例の時期的な位置付けは不確実性を逃れ難いが、弥生時代中期後半もしくは後期初頭までに比定される可能性が高い事例を多く含む。ただし、静岡県以東の事例に関しては中期後半に遡るものを含まない。

カリガラス製の分割ガラス小玉は、これまでに 13 遺跡から出土した 38 点の調査を終えている。そのほとんどは奈具岡遺跡から出土したものと同様な、Group PI に類似し、銅とマンガンで複合的に着色されたものであった（図 1 中）。さらに、Group PI としても Al_2O_3 や CaO の含有量の変異は小さく、着色に関わる CuO や MnO の含有量も凝集的であることが確認された。すなわち、分割ガラス小玉の製作に使用されたインド・パシフィックビーズは斉一的である。ただし、大阪府巨摩廃寺遺跡から出土した分割ガラス小玉 9 点のうち 3 点に関しては、 MnO は含有されていない。また、静岡県内で出土した分割ガラス小玉のうち 5 遺跡から出土した 8 点は、弥生時代後期以降に大量に流通する銅着色で通有の Group PII を素材として製作されていた（図 1 右）。

4. 考察

以上の結果から、カリガラス製分割ガラス小玉の製作と流通について考察する。Group PI に類似する材質を持つ分割ガラス小玉に関しては、材質的な共通性から、奈具岡遺跡で加工されたものが各地へ流通していたと考えても矛盾はない。ただし、奈具岡遺跡における製作の規模に対して、既出資料は多過ぎることから、同様な加工を行っていた遺跡が他に存在していた可能性も否定はしない。その場合、出土事例が集中する大阪湾北岸が候補であろう。

一方、Group PII を素材として製作された分割ガラス小玉に関しては静岡県内で製作された可能性が高いと考えている。関東周辺の出土例にこのような Group PII を素材として製作されたものが含まれるか、という点に注目して今後も調査を進める予定である。

科学的分析による真株庵文書の特性

Characterization of Shinsyuan Documents Papers

by Scientific Analysis

○韓允熙（明知大学、韓国）、江前敏治（筑波大学）

○Yoonhee HAN(Myongji University, Korea), Toshiharu ENOMAE(Tsukuba University)

1. 緒言

製紙科学の立場からいうと和紙の分析についてはごく簡単な非破壊測定又は触感で十分判定できるものもあれば、精度の高い測定方法を必要とするものもある。それをふまえ、紙文化財や古文書で使われている料紙の特性を新たな科学的アプローチによって把握・整理することに着手した。現在、中世古文書については紙の分類判断基準が研究者によって異なり、整理の目処もついていない。そのような現状を打開するためには紙質調査に客観的な手法が必要である。本実験で繊維配向分析に用いた画像処理法は、そのための有効な方法であると考えている。

繊維の配向は抄紙時、紙料の脱水と漉く力、紙料の流れによって生じるが、繊維に作用するせん断力の方向や乱流の程度に左右される。繊維配向は紙の力学的特性などに大きく影響する重要な構造因子の1つであり、製紙分野では繊維配向測定が製品の改質および品質管理において重視されている。絵画や古文書などの紙類文化財を修復するための補修紙は、本紙（ほんし、＝元の文化財の紙）とできるだけ同じ性状を有することが望まれているが、繊維配向性はその性状の要因である紙の固さ、伸び、表面粗さなどに影響している。

紙の繊維は、細長いが比較的剛直な性質があるために一本の繊維内で何重にも屈曲することではなく、簀又は網の上に定着するときには比較的直線的となり、どちらかの方向に向いている。紙全体で全ての繊維を見たとき多くの繊維が特定の方向に向いているときに“繊維配向性がある”とか“繊維が配向している”という言い方をする。

科学的分析を行った真株庵文書は中世時代の古文書であり、大徳寺の塔頭で、一休宗純(そうじゆん)を開祖とする真株庵に伝来した文書群である。一休の遠忌や、所領に関する文書をはじめとして、中世における禅宗寺院のあり方などを伝える寺内の決まりを定めた壁書などがある。また一休のまわりにいた文化の担い手に関わる文書などを含んでいる。まとまった塔頭文書の典型として貴重である。今回調べたのは真株庵文書の科学的分析による真株庵文書の基礎的な分析結果と繊維配向性による時代別抄紙技術の変遷である。

2. 実験

分析する対象は真株庵文書の中で時代がはっきり分かる古文書を中心として分析を行い、画像処理は14Cは6個、15Cは2個、16Cは18個について科学的分析を実施した。

厚さはDigimatic Indicator (ABS ID-SX, Mitutoyo 社, Japan)で、光沢度は光沢度機械(東京大学製紙科学研究室制作、Japan)で測定した。画像処理は紙1枚中で10箇所ずつ、各表と裏について、100倍で表面を撮影した。画像の中心部分1024×1024画素分の画像に41×41画素のブロックごとに動的閾値による2値化を行った。これは照明のムラなどを排除するためである。2次元フーリエ変換後、0から180度の角度を2048等分して0～2047×180/2048度までの2048個の各角度について距離(x及びyの周波数から求めた $\sqrt{n_x^2 + n_y^2}$ に相当) $r=2\sim 511$ までのフーリエ係数の振幅の平均を求めた。なお、極座標に変換するときはxy座標の周囲4点から距離で按分した値を用い、距離 $r=1$ 及び $r=2$ についてはひずみが大きくなりすぎるため除外して計算した。

3. 結果と考察

真株庵文書の基礎分析の結果、平均坪量は 31.6 g/m^2 、平均密度は 0.32 g/cm^3 、平均厚さは 0.3195 mm であった。平均光沢度は60度を基準として2.2～4.6まで様々であった。簾の目は14本～20本まで様々な簾の目数が出ており、糸目の間隔は2.2～3 cmの間であった。光沢度が4.0を超える光沢度が高い紙もあることが分かった。抄紙技術について時代的繊維配向性の変遷を分析をした結果、14Cと15Cは繊維配向強度は似たような結果でScreen sideは1.2以上で、Screen sideの繊維配向強度はかなり強かった。Top sideは1.1くらいでScreen side弱い強度を見せた。それが16CになるとScreen sideは約1.15であり、Top sideは1.1くらいであった。この結果からみるとScreen sideの強度が少し低くなっていることが分かる。抄紙技術はずっと同じではなく時代により少し変遷することが分かる。科学分析を行い、多いデータベースが集まると古文書群や紙の種類別、地域別、時代別、国別の違いが出る可能性があると考えられる。

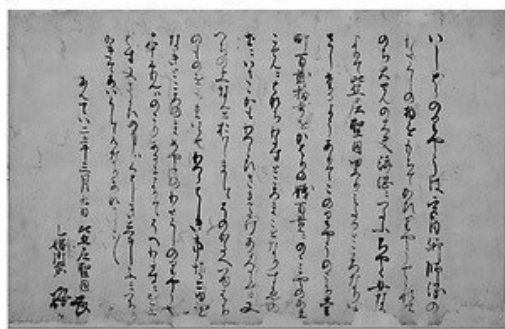


Fig. 1. Shinsyuan old document picture.

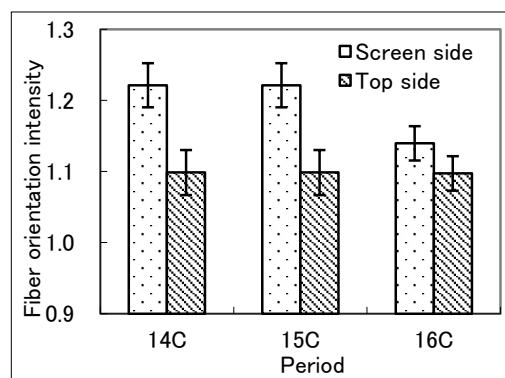


Fig. 2. Fiber orientation intensity of Shinsyuan old documents for the period.

江戸時代を通じて発行された丁銀の

ミュオン非破壊分析法による深さ方向分析結果

Non-destructive elemental depth-profiling analysis of

Edo-period silver chogin coins by muonic X-ray measurement

○齋藤 努（歴博）、反保元伸（KEK）、竹下聡史（同左）、土居内翔伍（同左）、橋本亜紀子（同左）、梅垣いづみ（同左）、久保謙哉（ICU）、二宮和彦（阪大）、三宅康博（KEK）

○Tutomu SAITO (National Museum of Japanese History), Motonobu TAMPO, Soshi TAKESHITA, Shogo DOIUCHI, Akiko HASHIMOTO, Izumi UMEGAKI (KEK), Kenya KUBO (ICU), Kazuhiko NINOMIYA (Osaka Univ.), Yasuhiro MIYAKE (KEK)

1. はじめに

江戸時代に発行された銀貨である丁銀は銀と銅の合金で、銀の産出量・天災・飢饉・大火などに対応して、発行時期によって銀の濃度が大きく変化しており、最も低いものでは13%ほどしか含まれていない。しかし、色付という表面処理によって、表層部での銀濃度はいずれも高くなっている。本研究では、ミュオン非破壊分析法によって、江戸時代最初の慶長丁銀①から最後の安政丁銀⑪（丸数字は発行順）までのうち9種類を、時期を追って深さ方向分析し、色付の状況や時期的変遷について検討した。

2. 資料

図1に丁銀の名称と発行時期を示した。四角で囲ったものが分析対象とした資料である。

3. 分析手法

茨城県東海村にあるJ-PARCのMUSE（ミュオン科学実験施設）内に設置されているDラインD2エリアにおいて、放出された負ミュオンビームを、運動量を変えながら各丁銀に照射し、深さ方向における銀と銅の濃度を非破壊で分析した。ミュオン特性X線ピークは、銀として140 keV（ $n=5$ から $n=4$ への遷移）、銅として115 keV（ $n=4$ から $n=3$ への遷移）を選択した。

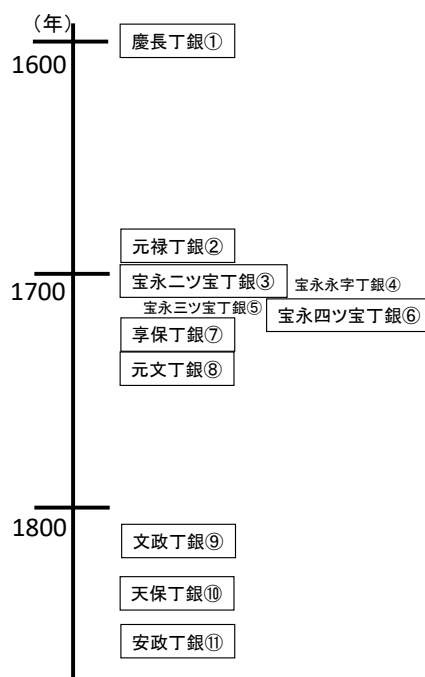


図1 分析した資料と発行時期

4. 結果と考察

各資料の深さ方向における銀濃度の時期的変化状況を図2に示した。色付の痕跡がないもの、色付が最表層の浅い部分にとどまるもの、数マイクロメートルの深さまで色付が及んでいるものの3種類に大別できるが、系統的には変遷していない。これは、文政小判⑦以降、色付が深くなる小判と対照的であり、取り扱う金属素材や色付薬などが異なる金座と銀座との間には、必ずしも技術連携があったわけではなく、個別的に製造が営まれていた可能性がある。

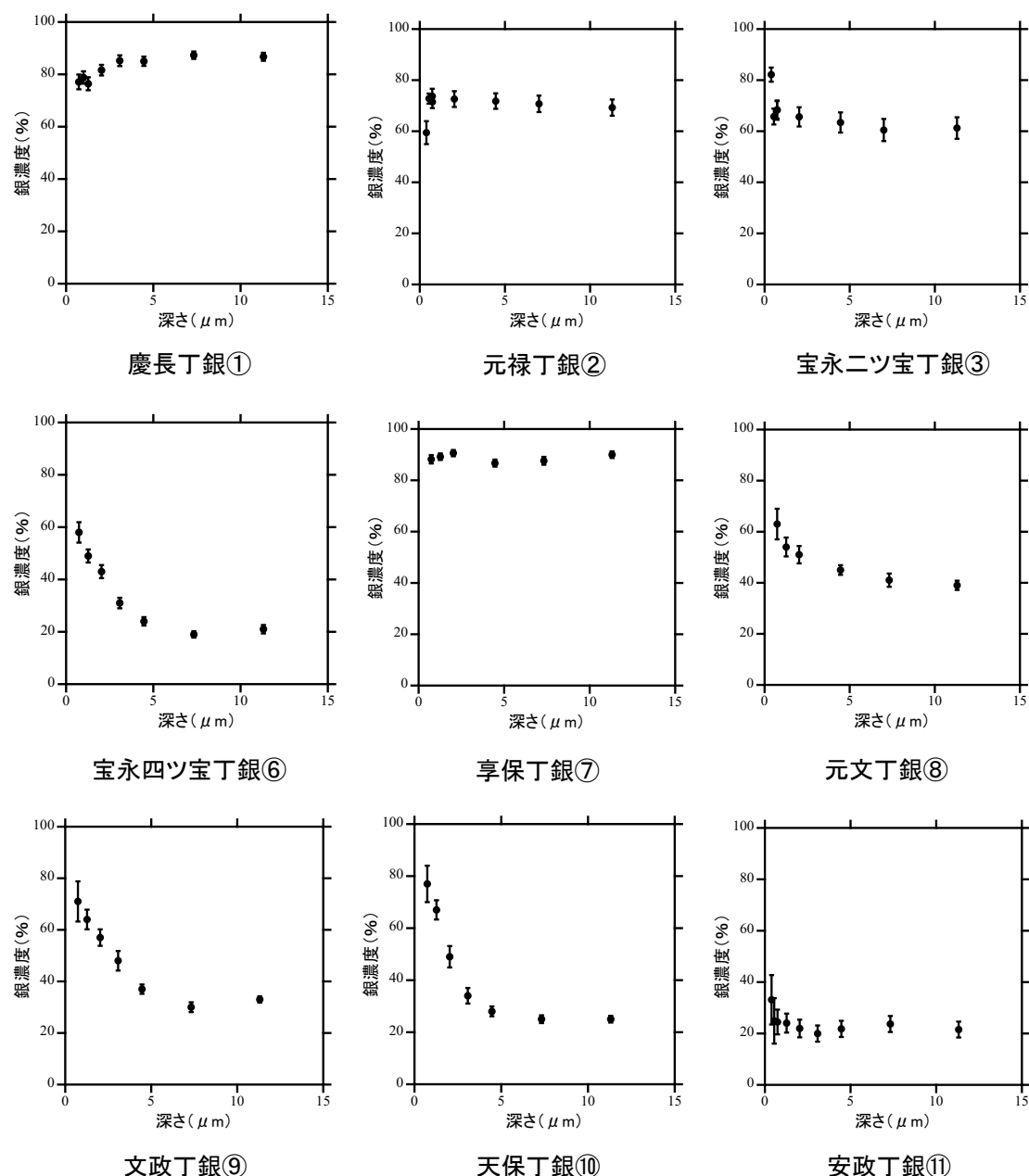


図2 発行時期による丁銀の銀濃度の深さ方向における変化状況

参考文献) 齋藤『国立歴史民俗博物館研究報告』183、pp.1-51 (2014)

齋藤ら『文化財科学』84、pp.1-16 (2022)

縄文土器付着炭化物の形態学的検討—東京都下宅部遺跡を中心に

Plant anatomical study of charred remains on pottery, especially of those from the Shimoyakebe site

○佐々木由香（金沢大学）、米田恭子（株式会社パレオ・ラボ）、
能城修一（明治大学黒耀石研究センター）

○Yuka SASAKI (Kanazawa University), Kyoko YONEDA (Paleo Labo Co., Ltd.),
Shuichi NOSHIRO (Meiji University)

1. はじめに

東京都下宅部遺跡は、縄文時代中期から晩期中心とする低湿地遺跡で、未炭化の動植物遺体が良好な状態で遺存していた（下宅部遺跡調査団 2006a, b）。低湿地部から出土した土器の内面には炭化物が良好な状態で付着しており、種実や繊維、鱗茎、編組製品などに分類した。2006年の刊行の発掘調査報告書では、目視または実体顕微鏡下で分類した40点の土器付着炭化植物遺体について形態の概要を報告したが、その素材植物種は全く未解明であった。本研究ではその素材植物種について新たな観察方法で同定を行い、その用途について考察した。

2. 試料と方法

試料は、2023年の時点で東村山市八国山たいけんの里に保管されていた2006年の報告書に土器付着植物遺存体として報告した36点である（以下、土器付着炭化植物遺体とする）。報告書刊行後、工藤・佐々木（2010）でほぼ網羅的に同位体分析と放射性炭素年代測定が実施されており、年代観についてはそちらを参照する。

採取方法は、実体顕微鏡下で観察後、遊離片がある個体は遊離片を形態分析用の試料として抽出し、遊離片がない場合のみメスやピンセットを用いて直接土器から採取した。いずれも細胞形態の観察が可能とみられる破片のみを抽出した。また、形態的に分析不可能な周辺部分で安定同位体分析用試料を採取した（別報告予定）。

分析方法は、試料全体を観察し、鱗茎や繊維、編組製品と推定される資料については、佐々木ほか（2014）に従って、試料をカーボンテープで試料台に固定し、走査型電子顕微鏡（KEYENCE 社製 VHX-D500/D510）で検鏡および写真撮影を行った。このうち、鱗茎については、細胞組織最大5点の長軸と短軸の長さを計測して、平均値および標準偏差を求めた。同定にあたっては、現生鱗茎標本と、炭化させた鱗茎標本7種（ヒガンバナ科ネギ属アサツキとノビル、ヤマラッキョウ、ヒガンバナ属ヒガンバナとキツネノカミソリ、ユリ科アマナ属アマナ、キジカクシ科ツルボ属ツルボ）（佐々木ほか、2018）の計測値と比較した。

3. 同定結果

報告時には形態観察から、鱗茎と繊維、大型植物遺体（種実）、編組製品、不明植物遺体に分類された。このうち、鱗茎は10点確認されていた。外面形態は、直径1cm前後で鱗片葉の重なりのある鱗茎である。現生標本と比較すると、鱗茎の直径と鱗片葉の重なり方から、ノビルとツルボの2種に近いと判断された。

鱗茎の鱗片葉は、表皮細胞とその下の葉肉細胞で構成される。現生のノビルとツルボ炭化鱗茎の鱗片葉の細胞形態を比較すると、大きさは近似しているが、表皮細胞とその下部にある葉肉細胞の形態が異なり、さらにツルボには葉肉細胞中にシュウ酸カルシウムの針状結晶がみられる（佐々木ほか 2018）。鱗茎のうち現状で4個体にはシュウ酸カルシウムの針状結晶が観察され、細胞形態もツルボと矛盾がないためツルボと同定された。なお、これらのツルボが付着していた同一個体のおこげの土器型式学的検討と年代測定の結果、縄文時代中期後半、後期初頭（称名寺式期）、晚期中葉の年代が示されている（工藤・佐々木 2010）。

編組製品付着土器は6点確認されていた。そのうち2点の素材がタケ亜科と同定された。後期後葉と晩期前半の年代が示されている（工藤・佐々木 2010）。

4. 考察

鱗茎はツルボ、編組製品はタケ亜科と同定された。ツルボは、キジカクシ科ツルボ属の多年草であり、土手や山野の日当たりが良い場所に生える。シュウ酸を多く含み、えぐみがあるため、利用にあたってはアク抜きが必要で、民俗事例では水にさらし、数日間の煮沸を行ったとされる。また、食用のほか、薬用にも用いられる（佐々木ほか, 2018）。土器の中での加工の一例を下宅部遺跡でも確認できた。編組製品のタケ亜科は下宅部遺跡で編みかごの素材植物として用いられており、矛盾がない素材であった。土器内面に付着して形態が残存しており、ツルボなどのデンプン質の食材と合わさって炭化して残存したと推定された。

引用文献は割愛した。

本研究は、本研究は JSPS 20H05811（代表：佐々木由香）、20H00024（代表：米田穰）の助成を受けた。

試料の採取にあたり、東村山市教育委員会千葉敏朗氏のご助力を得た。



写真1 土器内面付着炭化編組製品の付着状況（3本飛び網代編み）（下宅部遺跡調査団 2006a）

古環境
材質・技法
産地
探査
年代測定
文化財科学 一般
文化財防災
保存科学

土器材料と分析法

Earthenware Materials and Analytical methods

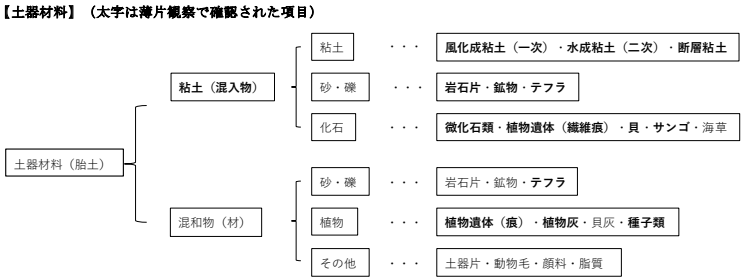
○藤根 久 (株式会社パレオ・ラボ)、米田恭子 (同左)、石川 智 (同左)
○Hisashi FUJINE, Kyoko YONEDA, Satoshi ISHIKAWA (Paleo Labo Co., Ltd.)

1. はじめに

土器薄片の偏光顕微鏡観察は、縄文土器・弥生土器などの土器材料の粘土および砂粒物の特徴を調べることができる。この方法では、最も基本的な粘土中に含まれる珪藻化石などの微化石類、砂粒物としての岩石・鉱物・テフラ・植物遺体等について直接的な観察が可能であり、土器作りに関する材料や製作地推定などについて、客観的かつ具体的なデータが得られる。

2. 土器材料

土器の胎土とは、金関・春成 (2005) では“焼きあがった土器の質”として使われる。本稿では、粘土や混入物、あるいは混和材を合わせた土器材料の意味で用いる。



土器の胎土分析は、産地推定 (製作地推定) や材質・技法等の検討を目的として、数々の分析方法で行われている (建石, 2020 など)。このうち、機器を用いた土器胎土の主成分元素や微量元素の化学分析が行われているが、土器が示す化学組成から、材料や地域に関する検討を行うためには、分析対象に応じた化学特性等に関する比較データが必要である。

土器作りの粘土は、最も基本的で重要な材料であり、民俗学的には風化成粘土 (一次粘土) や水成粘土 (二次粘土) とされるが (佐原, 1970)、その判別は自然科学分析において具体的に示されたことがない。

土器の粘土部分には、放散虫化石、珪藻化石、骨針化石、植物珪酸体化石、花粉化石が含まれる場合が多く、対象地域における粘土層の分布、堆積環境や時期について検討できる。

砂粒物は、根本的な基盤岩の岩石学的特徴を反映することは明らかであるが、充実した地質情報 (産業技術総合研究所地質調査総合センターの地質図: [https://www. gs.j. jp/Map/](https://www.gs.j. jp/Map/)) との比較により詳細な検討ができる。また、火山ガラスを多く含む土器が見られるが、火山ガラスの化学組成から給源火山や噴出年代が検討できる。

生駒西麓産土器は、白亜紀後期の領家深成岩類 (特に角閃石斑れい岩及びガブロンーライト) を母材として、南北に走る生駒断層内の断層ガウジが利用された (藤根・小坂, 1997)。

3. 粘土採掘坑の事例

群馬県伊勢崎市波志江中宿遺跡では、古墳時代前期の粘土採掘坑が 66 基検出された。これらの粘土採掘坑からは採掘用の木製道具類が出土し、完形の S 字状口縁台付甕も出土している（財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団，2001）。

粘土採掘坑の対象となる地層は、主に黒色の沼沢湿地成粘土であり、上位に厚く堆積した風化した浅間板鼻褐色テフラ（As-BP：20～25 ka）や始良 Tn テフラ（AT：30 ka）が挟在し、下位には榛名八崎テフラ（Hr-HP：50 ka）が挟在する（財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団，2001）。なお、粘土採掘坑の深さは 1.5m 前後である。

S 字状口縁台付甕の胎土分析等では、沼沢湿地付着生などのおびただしい量の珪藻化石が含まれ、浅間板鼻褐色テフラ起源の輝石類、榛名八崎テフラの角閃石類が砂粒として特徴的に含まれていた（藤根・今村，2001）。類似した有機質粘土層は、北関東自動車道の一連の遺跡調査から、伊勢崎市三和町の舞台遺跡・光仙房遺跡から太田市緑町の萩原遺跡の広範囲に分布することが判明した。

4. 土器材料と地域事例

テフラ起源の火山ガラスが多く含まれる土器の場合、火山ガラスの SEM-EDS 分析などで化学組成を調べ、テフラを同定できる（藤根ほか，2007）。土器胎土中のテフラは、粘土層の採取に伴って混入する場合のほか、意図的に混和する場合も想定される。

豊田市塩ノ沢町沢尻地区に所在する沢尻遺跡の縄文時代中期の深鉢には、沼沢湿地付着生の珪藻化石を含み、深成岩類起源の砂粒と共に、火山ガラスを多く含む土器が見られた。火山ガラスの化学組成から、概ね始良 Tn テフラ（AT）と推定された。始良 Tn テフラ（AT）を含むことから、約 3 万年前頃から堆積した沼沢湿地成粘土が土器の粘土材料として利用されたことが推定された。この地域では、山間地の小河川の堰き止めにより小規模な盆地が形成され、泥質堆積物が堆積したことが推定された。なお、この地域および周辺地域では、中生代白亜紀の角閃石黒雲母花崗岩・花崗閃緑岩・トーナール岩からなる花崗岩類が広く分布する（豊田市，2021）。

テフラを意図的に混和する事例として、東海地域の弥生時代後期の祭祀用のパレススタイル土器がある。特徴的なパレススタイル土器では、干潟指標の珪藻化石を含む干潟成粘土に火山ガラスが多量に含まれる土器がある（藤根，1998）。この干潟成粘土は、伊勢一三河湾周辺に分布する熱田海進（下末吉海進：12.5 万年前）に堆積した干潟成堆積物と考えられる。

引用文献

藤根・小坂（1997）生駒西麓（東大阪市）産の縄文土器の胎土材料．藤根（1998）東海地域（伊勢一三河湾周辺）の弥生および古墳土器の材料．藤根・今村（2001）土器の胎土材料と粘土採掘坑対象堆積物の特徴．金関・春成（2005）道具の考古学．（財）群馬県埋蔵文化財調査事業団（2001）波志江中宿遺跡．佐原（1970）土器の話（1）．建石（2020）土器胎土分析の動向-2002 年から 2011 年を中心に-．豊田市（2021）沢尻遺跡．など