

研究ノート

東海村・堀米 A 遺跡出土ヒスイ製大珠の蛍光 X 線分析 および 3 次元計測

村串 まどか・山根 萌々花

縄文時代中期中葉の遺跡と考えられる茨城県東海村・堀米 A 遺跡では、ヒスイ製の
大珠が 5 点出土しており、物質交流や当遺跡の
性格を知るうえで重要な資料である。県内では、
本遺跡と同じ久慈川水系に属する常陸大宮市・
坪井上遺跡にて 7 点（指定されていないものを
含めれば 8 点）の出土例が報告されている。
これらについても過去に科学的調査を行って
おり、すべて糸魚川水系の産地である可能性を
指摘した（村串 2020：71-76 頁）。両遺跡から
は、馬高式土器片や大木 8a 式土器が出土して
いることもあり、北陸や南東北

の影響が強くみられるという共通した特徴を
有している。大木 8a 式の土器群は、栃木県
北部の事例と類似した器形や文様を持つ。

本研究において、筆者らは当該資料を対象
に蛍光 X 線分析および 3 次元形状の計測を
実施し、原石産地の推定を含め本資料の
評価を行った。その結果、ヒスイ製大珠の
原石産地はいずれも新潟県・糸魚川
である可能性が示された。また、5 点の
ヒスイ製大珠の 3 次元形状の計測と
デジタルデータとして記録することが
できた。

I. はじめに

1. ヒスイ（翡翠）製大珠について

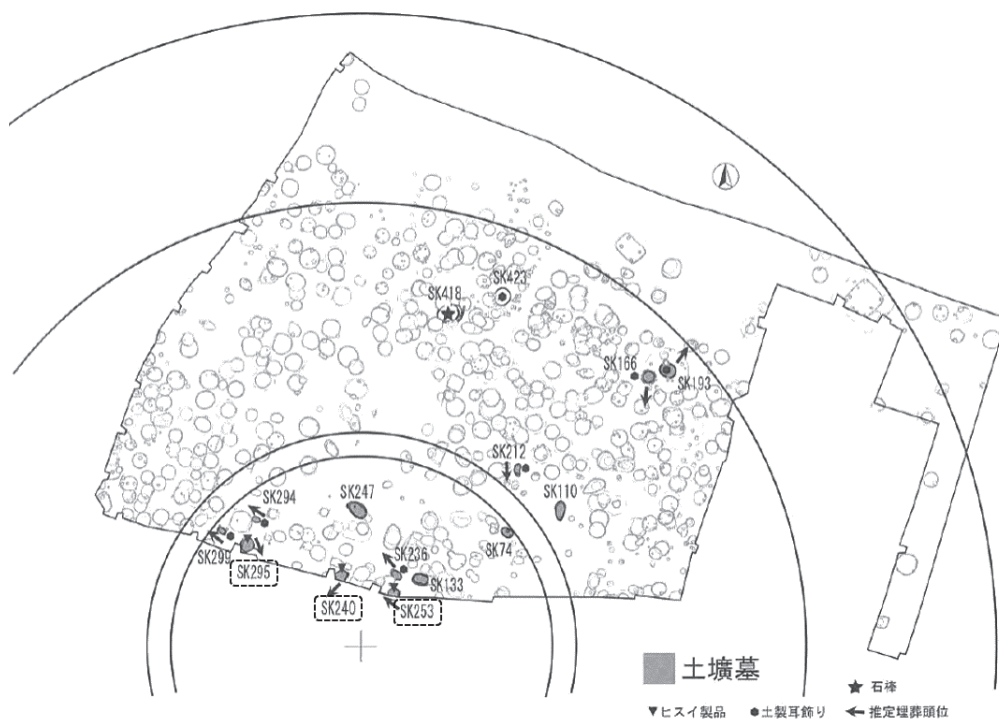
ヒスイとはヒスイ輝石（Jadeite：硬玉）またはネフライト（Nephrite：軟玉、透閃石—緑閃石系角閃石）を主成分とする岩石名のことであるが、本論文で扱う資料は前者のことを指す。ヒスイ輝石の代表的な産地として、新潟県糸魚川市～富山県朝日町、鳥取県若桜町、岡山県新見市、兵庫県養父市を含む蓮華帯が知られる（林ほか 2016：3-16 頁）。藁科らによって、各産地から採取された原石や遺物群の蛍光 X 線分析による元素強度比をもとにした原産地の判別基準が報告され、各地の遺跡で出土したヒスイ製品の原産地推定に用いられている（藁科 2005：260-282 頁、中村 2017：113-132 頁等）。

ヒスイ製大珠は縄文時代中期を代表する装身具として知られ、その形態分類や分布、交易ルート、社会的意義に関する研究は鈴木や栗島らによって行われてきた。これらの先行研究から、ヒスイの原産地から離れる東日本一帯に流通していることがヒスイ製大珠の特徴の一つとして知られている（鈴木 2004：21-24 頁、栗島 2004：83-87 頁、栗島 2012：91-106 頁）。鈴木は形態によって 10 種類ほどに分類して、編年を示した。これによると、縄文時代中期中葉には多様な形態の大珠が東日本に一斉に出現しはじめ、後葉になると茨城県常陸大宮市・坪井上遺跡をはじめヒスイ製大珠が出土する遺跡が多くなり、形態も多様化し、ヒスイ製大珠がもつ

とも盛行した時期に位置づけられるという。その後、後期中葉には終焉したとされている（鈴木 2004：21-24 頁）。また、ヒスイ製大珠の交易や流通について、栗島は長野から山梨を経由して東京西部へ至る大珠密集地を通じて関東地方にもたらされたと指摘している（栗島 2004：83-87 頁）。また、原産地からの距離に関係なく、いずれの地域においても大型（10 cm ㎍）、中型（5.1～9.9 cm）、小型（～5.0 cm）の製品が出土していることや、土壙内からの出土例が多いことから副葬品としての性格を考えることができ、特に関東地方では環状集落内の土壙群のうち、中心部にあたる土壙に副葬されるのが通例だと指摘している（栗島 2007：83-106 頁）。

2. 堀米 A 遺跡について

堀米 A 遺跡は真崎浦に望む標高およそ 30 m の那珂台地縁辺部にあり、現在の海岸線から 1.5 km ほど離れたところに位置する。遺跡は久慈川水系にあり、周辺はかつて真崎浦、細浦、阿漕ヶ浦といった太平洋に面した入江に囲まれており、豊富な海産資源が得られた土地であったらうと想定される。遺跡からは、縄文時代早期、前期の土器片、古墳時代以降の遺構も出土しているが、基本は、縄文時代中期中葉の堅穴住居や土壙群、土器群が主体となっている。縄文時



第1図 堀米 A 遺跡の土壙墓の配置図

（破線で囲った土壙墓からヒスイ製大珠が出土、大橋 2012：267-276 頁より改変）

代の貝層も見つかっている。縄文時代の遺構は、中期中葉大木 8a～8b 式期（阿玉台Ⅲ・Ⅳ式期～加曾利 E I 式期）に属するものがほとんどである。竪穴住居跡 3 軒，土坑 472 基，土壙墓 10 基から構成されており（大橋 2012：267-276 頁），住居址に比して土坑数が多い特徴がある。

資料の詳細は後述するが，一次調査で 4 点，二次調査で 1 点の計 5 点のヒスイ製大珠が本遺跡から出土している。第 1 図には一次調査において判明した土壙墓の配置図を示した。ヒスイ製大珠が出土した土壙墓は第 1 図に破線で囲った SK240，SK253，SK295 であり，いずれも環状集落の中心部に位置する。先述したように，関東地方で出土したヒスイ製大珠は環状集落の中心部の土壙で出土することが通例となっており（栗島 2007：83-106 頁），本遺跡でも同様な傾向が確認されている（大橋 2012：267-276 頁）。堀米 A 遺跡においては，遺跡全体の調査ではないにもかかわらず，その調査範囲から 5 点の硬玉製（翡翠）大珠・垂飾が，墓壙墓から出土していることが明確である極めて珍しい事例といえる。これらの硬玉製品が，墓にともなった副葬品として利用されたことが明らかである。

3. 本研究の目的・方針

筆者（村串）は以前，坪井上遺跡より出土したヒスイ製大珠を対象に蛍光 X 線分析による組成分析を実施し，糸魚川産の可能性を示唆した（村串 2020：71-76 頁）。坪井上遺跡例では，発掘調査で発見された 3 点の他に調査以前の農作業中に発見された 5 点を含めた 8 点が報告されている（大宮町教育委員会 1999：204-205 頁）。今回新たに東海村・堀米 A 遺跡のヒスイ製大珠の調査を行う機会を得ることができ，蛍光 X 線分析による成分分析から原石産地の推定およびフォトグラメトリによる 3 次元形状の計測とデジタルデータの取得を試みた。この調査によって得られた知見は，先行研究の坪井上遺跡例とも併せていくことで，日本海側との物質交流などを明らかにする一助になることが期待される。本稿での報告は，主に蛍光 X 線分析による調査成果を取り上げる。3 次元形状の計測については，本稿では実施した計測方法を報告し，計測で得られた 3D モデルは本誌口絵に掲載した。

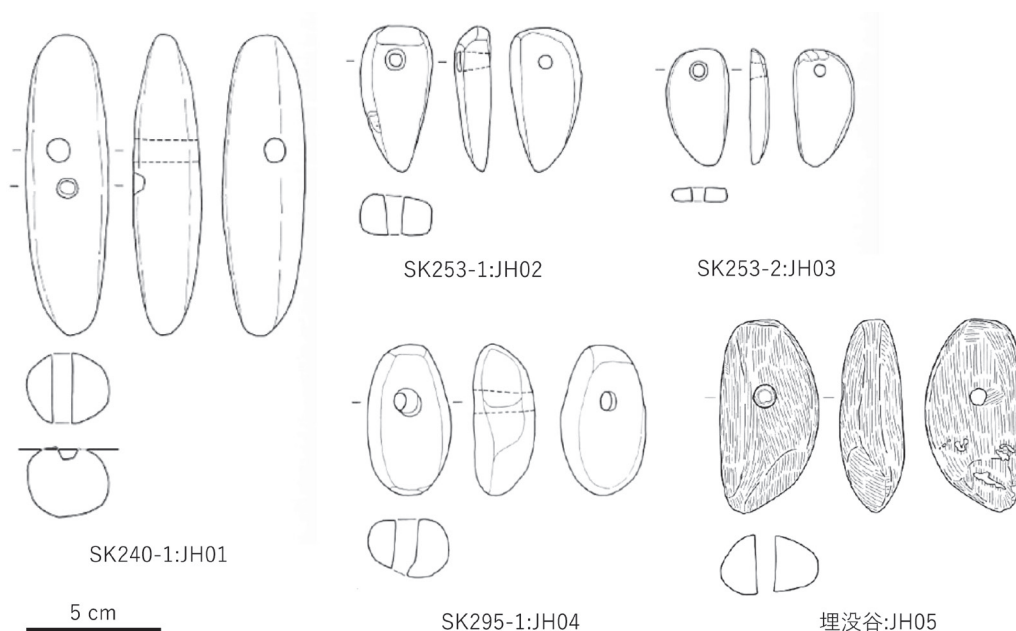
Ⅱ. 調査方法

1. 対象資料について

本稿で報告する調査対象は，堀米 A 遺跡より出土したヒスイ製大珠 5 点である。一次調査において SK240 から 1 点（SK240-1：JH01），SK252 から 2 点（SK252-1：JH02，SK252-2：JH03），SK295 から 1 点（SK295-1：JH04）出土した。残りの 1 点は 2 次調査において埋没谷（JH05）より出土した（地域文化研究所 2012：126, 145, 246, 249 頁，東海村教育委員会 2012：89, 91 頁）。発掘報告書（地域文化研究所 2012：126, 145, 246, 249 頁，東海村教育委員会 2012：89, 91 頁）に掲載されている各資料の法量を表 1 に，実測図面を第 2 図にまとめた。3D モデルは本誌口絵に，写真を本稿末尾に掲載した。SK240-1 には貫通孔の他に，未貫通孔が 1 か所存在する。

表1 対象資料の法量一覧
 (地域文化研究所 2012 : 246, 249 頁, 東海村教育委員会 2012 : 91 頁より引用)

資料No.	長さ (cm)	幅 (cm)	厚さ (cm)	孔径 (cm)	重量 (g)
JH01 SK240-1	11.2	3.0	2.5	0.8	170.6
JH02 SK253-1	5.4	2.6	1.4	0.5-0.7	28.6
JH03 SK253-2	4.3	2.3	0.7	0.4-0.6	13.0
JH04 SK295-1	5.6	3.1	2.2	0.5-1.0	72.8
JH05 埋没谷出土	7.15	3.6	2.3	記載なし	94.7



第2図 対象資料の実測図面
 (地域文化研究所 2012 : 126, 145 頁, 東海村教育委員会 2012 : 91 頁より引用)

2. 蛍光 X 線分析

これまでに行われてきたヒスイ製品の原産地推定では主に蛍光 X 線分析法を用いて実施され、多くの成果が報告されている (藁科 2005 : 260-282 頁, 中村 2017 : 113-132 頁 等)。本研究でも蛍光 X 線分析法を採用し、東海村・歴史と未来の交流館にて非破壊で測定を行った。用いた装置は、可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX100FA- IV である (Tantrakarn *et al.* 2009 : 121-127 頁)。本装置は、管球 (パラジウム Pd) から発生した X 線をそのまま資料に照射する「白色 X 線励起モード (管電圧 40 kV, 管電流 0.25 mA)」と、モノクロメータを用いて X 線を単色化し

た「単色 X 線励起モード (管電圧 40 kV, 管電流 1.00 mA)」の 2 つのモードがあり, 本研究でもこの 2 つのモードで測定を行った。また, 試料室を減圧して測定しているため, 後述するヒスイの評価の指標となるナトリウム Na やマグネシウム Mg などの軽元素も検出可能である。測定時間は坪井上遺跡の分析例 (村串 2020 : 71-76 頁) との比較を目的として, 同じ測定時間 (100 秒 (Live time)) を設定したが, 将来的に元素強度比ではなく, 定量値での議論を目的として 200 秒 (Live time) での測定も行った。作業時間の都合上, 資料 1 点につき 3 か所測定を行った。測定点は末尾の写真に示した。また参考として, 糸魚川で採取されたヒスイ 2 点 (以下, 糸魚川採取ヒスイと表記) の分析結果も併せて掲載する。得られた元素強度比は既存の報告にある散布図と比較するため, 補正計算を行った。

ヒスイの各原産地の判別には蛍光 X 線分析の元素強度比に基づいて, 散布図で比較する方法, マハラノビスの距離からホテリング T^2 検定による方法など, 複数の段階の評価方法がある (藁科 2004a : 38-43 頁)。ここでは補正計算によって算出した元素強度比で作成した散布図を用いて, 堀米 A 遺跡のヒスイ製大珠の原石産地の推定および, 坪井上遺跡例との比較を試みた。先行研究ではジルコニウム Zr/ ストロンチウム Sr, ストロンチウム Sr/ 鉄 Fe, カルシウム Ca/ ケイ素 Si, ナトリウム Na/ ケイ素とマグネシウム Mg/ ケイ素 Si を指標とする散布図によって原石産地ごとに分布域が異なることから, これらの元素強度比を基にヒスイの原産地を推測する研究例が報告されており (藁科 2004a : 38-43 頁, 藁科 2004b : 45-46 頁, 藁科 2005 : 260-282 頁, 中村 2017 : 113-132 頁), 本研究でもこれを参考に原石産地の推定を試みた。

3. 3 次元形状の計測

本研究では蛍光 X 線分析だけではなく, フォトグラメトリ (Photogrammetry) を用いて 3 次元形状の計測を行った。フォトグラメトリとは撮影した画像から物体の形状を計測する手法で (宮原 2004 : 441-444 頁), 今回の計測ではデジタルカメラで多視点から撮影した物体の写真をコンピューターで解析し, 物体の 3 次元位置を取得して 3D モデルを生成する SfM-MVS (Structure of Motion, Multi-View Stereo) を用いた (古川 2012 : 33-70 頁)。撮影は OLYMPUS 社の STYLUS TG-4 を用いて, 前節の組成分析と同地で実施した。まず対象物を回転盤に設置し, 対象物に対して水平, 30 度, 60 度, 真上の角度でその周囲を撮影した。つづいて接地面側を上にして同様に撮影し, 各面の写真を得た。強い反射がある場合は解析が正確にできないため, 光沢のある 2 点 (SK240-1: JH01, SK295: JH04) についてはカメラレンズに偏光フィルターを取り付けて撮影を行った。以上の写真を Agisoft 社のメタシェイプ (Metashape) で解析し, 3D モデルを生成して, 3 次元形状のデジタルデータを得た。各 3D モデルは, 画像にて本誌口絵に掲載している。

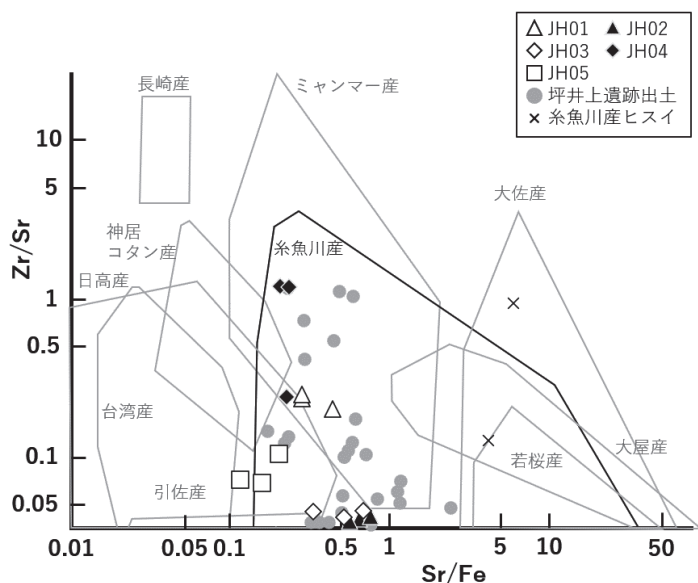
Ⅲ. 分析結果・考察

日本列島には糸魚川をはじめ 10 か所以上のヒスイの原産地が知られている (宮島 2004 :

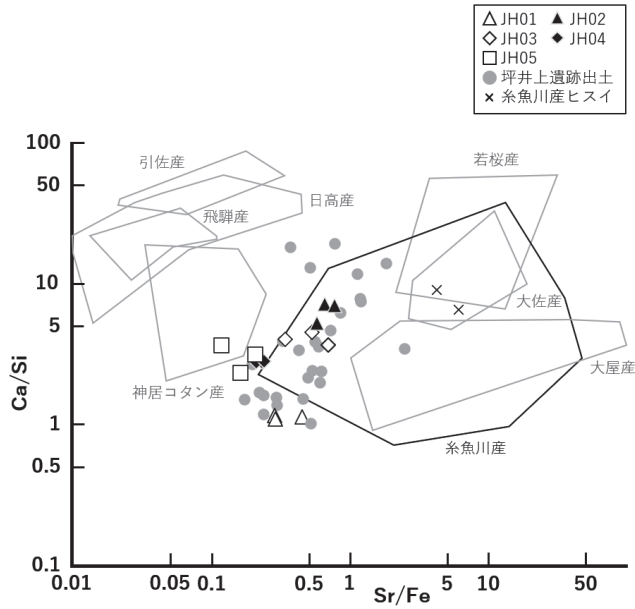
43-44 頁, 藁科 2004b : 45-46)。主に藁科によって蛍光 X 線分析で得られた元素強度比を用いた原産地判別が行われ, 糸魚川産ヒスイの伝播範囲は北海道から沖縄までおよぶと考えられている (藁科 2004b : 45-46)。

補正計算後の元素強度比を用いて, 既存研究 (中村 2017 : 113-132 頁など) を参考に散布図を作成し, 比較した。その結果を第 3 図～第 5 図に示す。第 3 図では JH05 の 1 点のデータを除いたすべてのデータは既存の報告にある糸魚川産の範囲内におさまった。第 4 図では JH02 や JH03 は糸魚川産の範囲内におさまった。一方, 他の JH01, JH04, JH05 は範囲外を示したが, これらのデータは近傍に位置した。第 5 図では, JH03 の 1 点を除いたすべてのデータが糸魚川産の領域内におさまった。以上のように糸魚川産の範囲外を示すデータは慎重に評価する必要があるが, 第 3 図～第 5 図を複合的にみる限り, 堀米 A 遺跡のヒスイ製大珠は糸魚川産のヒスイを用いた可能性が示唆される。また第 3 図～第 5 図には筆者が以前調査した坪井上遺跡例のデータも掲載したが, 堀米 A 遺跡のデータは坪井上遺跡例のデータ分布域と重なっている。あくまで元素強度比を指標とした第 3 図～第 5 図の結果からのみの考察であるが, 両遺跡のヒスイ製大珠は似た組成の石材を用いていた可能性も示唆される。

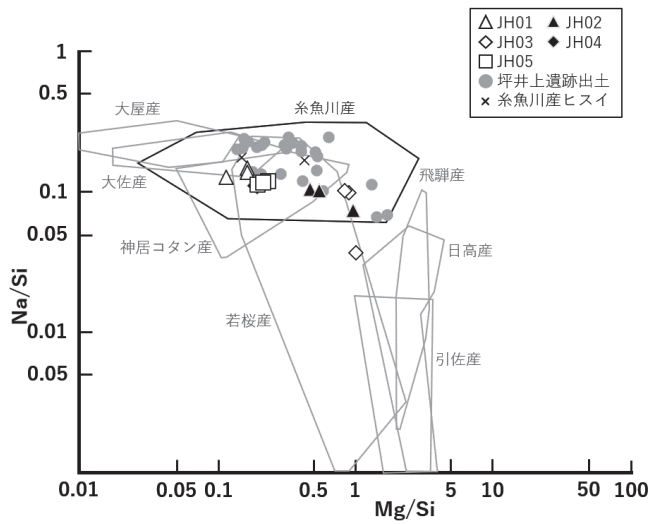
以上のように 3 種類の散布図によって示された結果としては, 堀米 A 遺跡のヒスイ製大珠は, 坪井上遺跡例と同様に糸魚川産のヒスイが用いられた可能性が示唆され, 縄文時代中期の物質交流を考えるための有用な情報を得ることができた。



第 3 図 ジルコニウム Zr/ストロンチウム Sr とストロンチウム Sr/鉄 Fe 散布図による比較



第 4 図 カルシウム Ca/ケイ素 Si とストロンチウム Sr/鉄 Fe 散布図による比較



第 5 図 ナトリウム Na/ケイ素 Si とマグネシウム Mg/ケイ素 Si 散布図による比較

IV. まとめ

本稿では、堀米 A 遺跡より出土したヒスイ製大珠について蛍光 X 線分析および 3 次元形状の計測を行い、その内容について報告した。その中で筆者が以前行った坪井上遺跡出土ヒスイ製大珠 7 点の分析結果報告との比較も試みた。第 3 図～第 5 図で示すように、元素強度比を

もとに散布図によって既存の報告と比較したところ、堀米 A 遺跡より出土したヒスイ製大珠 5 点は糸魚川産のものである可能性が考えられ、先行研究の坪井上遺跡例とも類似した特徴があると考えられる。坪井上遺跡では新潟地域の馬高式土器も出土しており（大宮町教育委員会 1999：204-205 頁，茨城県教育委員会 2020：6-8 頁），同遺跡のヒスイ製大珠が糸魚川産のものである可能性が示されたことは、日本海側の地域との直接的な物質交流を支持する成果であった（村串 2020：71-76 頁）。堀米 A 遺跡においても、胎土の観察から非在地的な粘土を持つ馬高式土器片が出土しており、ヒスイ製大珠についても同様に糸魚川産の可能性が示されたことから、坪井上遺跡例と同様に久慈川水系において北陸との直接的な物質交流が存在していたことを証左するものと考えられる。

筆者らは、今後の課題として分析点数の蓄積を挙げており（村串 2020：71-76 頁），今回は坪井上遺跡例に続く貴重なデータを得ることができた。しかし、ヒスイの分析データ数はまだまだ乏しく、糸魚川産以外のヒスイ原石の分析や他のヒスイ製品のデータ数の蓄積、分析方法や評価方法のさらなる検討などを含め、継続的な研究が必要である。

焼町式土器の入りかた、大木式土器のような栃木北部、福島県域の土器様式との相関、住居址に比して土坑数が多い集落のありかたや生業の問題など、多角的な考古学的解釈に基づいて、ヒスイ原産地、ヒスイ製大珠の副葬品利用とのかかわりについては解釈していく必要がある。本稿では、概報として先行研究の坪井上遺跡例と併せて現段階で考えられる結果を述べるにとどめ、データを拡充していく中で改めて堀米 A 遺跡、坪井上遺跡出土ヒスイ製大珠を評価したい。

今回は 3 次元計測も同時に行い、従来の写真や図面による記録では限界のあった、資料の立体形状を正確に記録することができた。また 3D モデルとしてデータ化された各資料は、時間や地理的な制約を超えて提供することができ、実物の資料を保護しながら、研究や教育への活用が期待される。

謝辞

本研究の分析調査にご理解、ご協力くださった茨城県教育庁の宮内教男氏、豊田学史氏、東海村教育委員会の中泉雄太氏、林恵子氏、木梨夏野氏、そして本論文の査読を担当していただいた先生に謝意を表します。また本研究の成果については、遺物材料研究所の藁科哲男氏にご教示いただいた元素強度比の補正計算方法を用いて得られたものです。分析調査の実現から本稿の執筆に至るまで、筑波大学の谷口陽子先生より多数のご助言とご協力を賜りました。ご支援いただいた皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

茨城県教育委員会 2020「2」考第 31 号 有形文化財（考古資料）坪井上遺跡出土硬玉製大珠 7 点『茨城の文化財』第 58 集 6-8 頁。

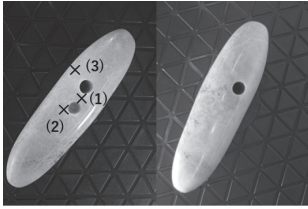
- 大橋 生 2012「第 5 章 総括」『茨城県那珂郡東海村 堀米 A 遺跡』267-276 頁。
- 大宮町教育委員会 1999「第 13 章 硬玉製大珠」『常陸大宮坪井上遺跡』204-205 頁。
- 栗島義明 2004「硬玉製大珠の交易・流通」『季刊考古学』第 89 卷 第 11 号 83-87 頁。
- 栗島義明 2007「硬玉製大珠の社会的意義—威信財としての再評価—」『縄紋時代の社会考古学』同成社 83-106 頁。
- 栗島義明 2012「1 ヒスイとコハク —翠（みどり）と紅（あか）が織りなす社会関係—（第 II 章 モノの流通経路と分布圏の形成）」『明治大学日本史文化研究所 先史文化研究の新視点 II 移動と流通の縄文社会史』91-106 頁。
- 鈴木克彦 2004「硬玉製大珠（ヒスイ大珠）」『季刊考古学』第 89 卷 第 11 号 21-24 頁。
- 地域文化研究所 2012『茨城県那珂郡東海村 堀米 A 遺跡（第 1 次調査）—東海村立照沼小学校建設事業に伴う発掘調査報告書—』126, 145, 246, 249 頁。
- 東海村教育委員会 2012『堀米 A 遺跡（第 2 次調査）』89, 91 頁。
- 中村 大介 2017「榎築墳丘墓出土玉類の産地同定」『埼玉大学紀要』第 53 卷 第 1 号 113-132 頁。
- 林 政彦, 酒見昌伸, 安井万奈, 山崎淳司, 堤 貞夫 2016「世界各地のヒスイ（翡翠, ヒスイ輝石）の鉱物学的性質」『宝石学会誌』第 32 卷 3-16 頁。
- 古川泰隆 2012「複数画像からの三次元復元手法」八木康史, 斎藤英雄編『コンピュータービジョン 最先端ガイド 5』アドコム・メディア 33-70 頁。
- 村串まどか 2020「坪井上遺跡・ヒスイ製大珠の蛍光 X 線分析」『筑波大学先史学・考古学研究』第 31 号 71-76 頁。
- 宮島 宏 2004「日本各地の硬玉・軟玉の産地」『季刊考古学』第 89 卷 第 11 号 43-44 頁。
- 宮原健吾 2004「写真から画像へ」『日本写真学会誌』第 67 卷 第 5 号 441-444 頁。
- 藁科哲男 2004a「石器・玉類の原材産地分析」『京都大学原子炉実験所学術講演会報文集』第 38 集 38-43 頁。
- 藁科哲男 2004b「縄文時代出土玉類産地の科学分析結果」『季刊考古学』第 89 卷 第 11 号 45-46 頁。
- 藁科哲男 2005「紫金山古墳出土石製品の石材分布」『紫金山古墳の研究』260-282 頁。
- Tantrakarn, K., Kato, N., Hokura, A., Nakai, I., Fujii, Y., and Glušević, S., 2009. Archaeological analysis of Roman glass excavated from Zadar, Croatia, by a newly developed portable XRF spectrometer for glass. *X-Ray Spectrometry: An International Journal*, 38(2), pp.121-127.

図版出典

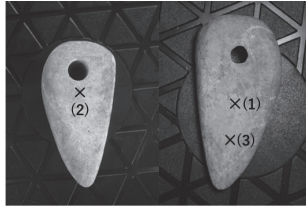
- 第 1 図 大橋 2012 : 267-276 頁より改変
- 第 2 図 地域文化研究所 2012, 東海村教育委員会 2012 より改変
- 第 3 図 中村 2017 : 113-132 頁を参考に筆者作成
- 第 4 図 中村 2017 : 113-132 頁を参考に筆者作成
- 第 5 図 中村 2017 : 113-132 頁を参考に筆者作成
- 写真 筆者ら撮影・作成

村串まどか（東京電機大学工学部）
山根 萌々花（筑波大学人文学類）

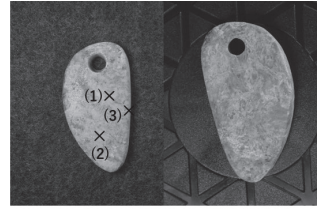
（執筆担当について第 2 章第 3 節は山根が、それ以外は村串が担当）



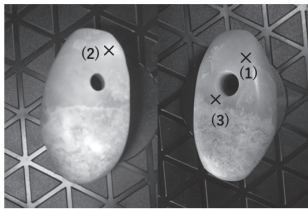
SK240-1:JH01



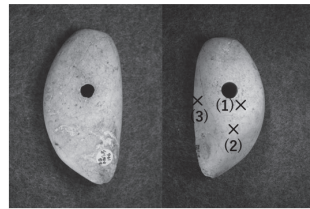
SK253-1:JH02



SK253-2:JH03



SK295-1:JH04



maibotsu

写真 ヒスイ製大珠の測定箇所

X-ray fluorescence analysis and 3D measurement on
Jomon Jade excavated from Hokkome A site, Tokai-mura

MURAKUSHI, Madoka, YAMANE, Momoka

Five jade ornaments were excavated from the Horikome A site in Tokai-mura, Ibaraki Prefecture, dating to the middle of the Jomon period. They are important materials for understanding ancient material exchange and the character of this site. In Ibaraki Prefecture, similar examples, such as the Tsuboiue site, have been reported, and some scientific investigations have been conducted. In this study, the authors conducted X-ray fluorescence analysis and three-dimensional measurement of the material. As a result, we were able to measure the three-dimensional shapes of five jade ornaments and record them as digital data. In addition, X-ray fluorescence analysis suggested that the five jade ornaments were made from jade from Itoigawa, Niigata Prefecture.