

論文

## 常陸中部沿岸地域における後期・終末期古墳出土 ガラス小玉への蛍光 X 線分析

鎌田 涼

古代の日本列島において、ガラス小玉は古墳に埋葬された副葬品として多数出土している。しかし、ガラス小玉の国内生産は7世紀まで行われていなかったことから、これ以前の出土品はすべて列島外からの搬入品とされている。近年、化学分析によるガラスの材質の調査が盛んに行われており、列島内のガラス小玉における材質による体系的なタイプ分類が確立されている。分析事例の蓄積により、流通経路の解明が進みつつあるが、西日本に比べて、東日本では研究例が多くない。また、流通経路については、陸上ルートだけで

なく海洋ルートの存在も注目されていることから、本調査では、東日本における流通の様子を理解することを目的に、常陸中部における沿岸に位置する古墳時代後期以降の古墳で出土したガラス小玉、約450点に対して化学分析を行った。タイプ分類の結果を概観したところ、古墳時代前期の出土資料や周辺地域の資料と比較して、多様なタイプのガラス小玉が沿岸部に集中して出土していたことがわかった。したがって、後期・終末期古墳において、活発な流通が行われていた様相が想定された。

### はじめに

日本列島では、7世紀後半に奈良県飛鳥池遺跡においてガラスの製造が開始された事例が見つかっているが（大賀 2010）、それ以前は、日本列島で一次生産が行われた事例は確認されておらず<sup>1)</sup>、ユーラシア大陸の各地で製作されたガラス小玉が流入して利用されていたことがわかってきている。日本列島において、ガラス小玉は弥生時代から副葬品として数多く出土しており、その分布範囲は北海道から沖縄まで広範囲にみとめられている。

弥生時代後期から古墳時代前期にかけての西日本においては、出土状況を基に、ガラス製や石製の玉類の流通についての研究が行われており、地域社会の上位層において、遠隔地から玉類を入手するという行為によって、より優位な立場を獲得していたという見解が示されている（谷澤 2015）。玉類の具体的な入手様態の解明は、玉類の果たす役割を明らかにするうえで重要な課題であるといえる。

近年は、陸を介した流通だけでなく、「海浜型前方後円墳」の存在などから海を介した流通について言及されることも多い（広瀬 2015）。常陸も例外ではなく、前期古墳の墓制から海を介した流通経路の存在が指摘されており（蓼沼 2015）、また、今回調査を行った磯崎東古墳群をはじめとした沿岸部の後期・終末期古墳においても、海との深い関連性が指摘されている（稲田 2019）。古墳時代後期は中央集権化が進み、畿内を中心とする政治体制が敷かれていた時期である。常陸と畿内との関わりにおいて海路が用いられていたとしても不思議ではない。

今回調査を行った磯崎東古墳群は茨城県ひたちなか市の那珂川下流域に位置し、ここを北端に太平洋岸の海岸線に沿って古墳群が複数連なっている。これらの古墳群には埋葬施設において共通性があり、出土遺物や埋葬施設の立地などから海との関わりが想定されていることから、「ひたちなか海浜古墳群」と呼ばれる（稲田 2019）。また、磯崎東古墳群の石棺墓に見られる墓制は、神奈川県、和歌山県、山口県などの海岸線に位置する古墳において共通しており、臨海性の墓制として「海洋民」の存在が示唆されている（西川 2016）。さらに磯崎東古墳群では、海に面した斜面に位置する石棺墓（磯崎東古墳群第 2015-2 号墓）において、成人男性と思われる人骨が二体重なった状態で埋葬され、上位の人骨に赤色顔料のベンガラが撒かれているなど、特殊な埋葬形態が見られる点でも非常に興味深い遺跡である（稲田 2019）。このように、常陸の沿岸部は、古墳時代における「海洋民」の実態の解明において非常に興味深い地域である。

一方でこの時期に出土するガラスは、先に述べたように、列島外で一度製品化されたものが流通している。したがって、出土したガラスは必ず列島外からの流通経路をたどっていることから、その実態が明らかになれば、当時の「海洋民」の動きを理解するために有力な情報となりうる。

常陸地域出土のガラス小玉における分析は、前期古墳を中心に加藤（2015）によって行われている。桜塚古墳や勅使塚古墳など、霞ヶ浦周辺から恋瀬川・桜川流域などに位置する前期古墳 11 基、および甲山古墳・玉里舟塚古墳の後期古墳 2 基について調査が行われ、出土資料のガラスタイプが明らかになった。しかし、太平洋側に面した沿岸部に位置する遺跡は大洗町日下ヶ塚古墳のみであり、後期・終末期古墳は分析がされていない。そこで今回は、常陸の中部沿岸に位置する後期・終末期古墳出土のガラス小玉約 450 点に対し、網羅的な調査を行った。

今回の調査では、可搬型蛍光 X 線分析装置 Thermo Scientific 社 可搬型 Niton-XL3t-950 XRF 分析計（以下、「Niton」）を主な分析機器として用い、資料を収蔵している施設に機器を移動して、全点に対して組成分析を行った。しかし、ガラスに含まれるナトリウムやマグネシウムの含有量は Niton の検出限界以下であることから、Niton の分析結果のみからタイプ分類を行うのは難しい。そこで、分析対象のうち一部の資料に対し、軽元素までの検討を十分に行える高性能な蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA の軽元素対応型（以下、「100FA」）による分析から正確なタイプ分類を得ることで、Niton による分類が散布図上で整合性が取れるかを確認した。その結果、100FA による分類と、Niton による分類は整合性が取れることが確認できたことから、Niton による分類法をもとに遺跡ごとの資料のタイプ分類および解釈を行った。

## I. ガラス小玉の分類の流通経路

日本考古学において、ガラス小玉の材質の調査は古くから行われていたものの、分析資料数が十分ではなく、また分析手法が統一されていなかったことから、長年、全体の体系化が困難

であった（大賀 2015）。しかし、ガラスの材質調査の主導者である山崎一雄（1987）によって、「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」が大別されたのち、肥塚隆保（1995）によって、「ソーダ石灰ガラス」をさらに「低アルミナタイプ」と「高アルミナタイプ」の二つに区分されたことによって、近年体系化が著しく進んだ。その後、2008 年の大阪府風吹山古墳出土の調査から、「低アルミナタイプ」のガラス小玉において、酸化マグネシウム（MgO）と酸化カリウム（K<sub>2</sub>O）の含有量が著しく少ない一群の存在を確認したことから、「ナトロンガラス」と「植物灰ガラス」の区分が可能であることを示した（肥塚ほか 2010）。このような材質による詳細な分類は、原材料の産地推定の精度を上げるだけでなく、ユーラシア大陸から列島へ流入した経路や列島内における流通経路を明らかにするうえで、非常に有効な研究方法である。

現在では、日本におけるガラス小玉の出土例について、詳細なガラスタイプの分類が体系的に行われている（Oga and Tamura 2013, Abe et al. 2018）。ガラスは、主成分であるケイ酸塩の融点が高く、そのままでは加工が非常に困難であることから、ガラスの原産地ごとに様々な融剤を添加することで融点を下げ、より加工しやすくしている。

融剤には原材料由来の遷移金属が含まれることが多い。遷移金属は風化の影響を受けづらいため分析に適している。このことから、村串、阿部（2021）の分類では、主成分に加えて遷移金属、特に Zr, Sr, Rb に着目して分類が行われている。また、Oga, Tamura（2013）は、融剤の主成分である軽元素、特に Na, Mg, K, Ca や、Mn, Fe に着目して分類している。また原材料だけでなく、CuO, CoO, Pb<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> などの着色剤、制作技術も考慮した多角的な分類法の確立が模索されている。本調査では、これらの先行研究をもとに、資料に即した形式に筆者が整理し直したものを採用する（図 1）。

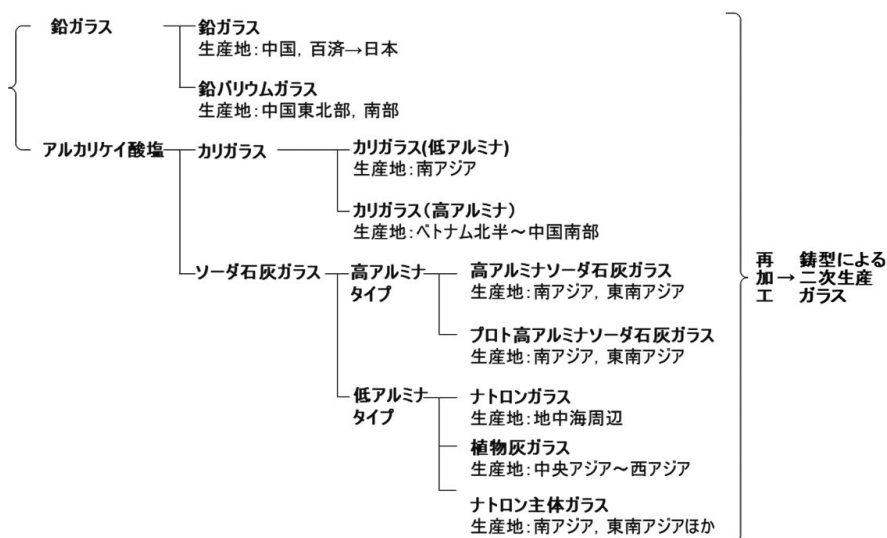


図 1 ガラス小玉の材質による分類

ガラス小玉が日本列島に流入してくる際、基本的には、ガラスのインゴットとしてではなく、完成品の玉製品として舶載され、比較的短期間に集中して運ばれると考えられている（大賀 2020a）。すなわち、ガラス小玉の流入は断続的であり、時期ごとの素材の遷移が比較的明確

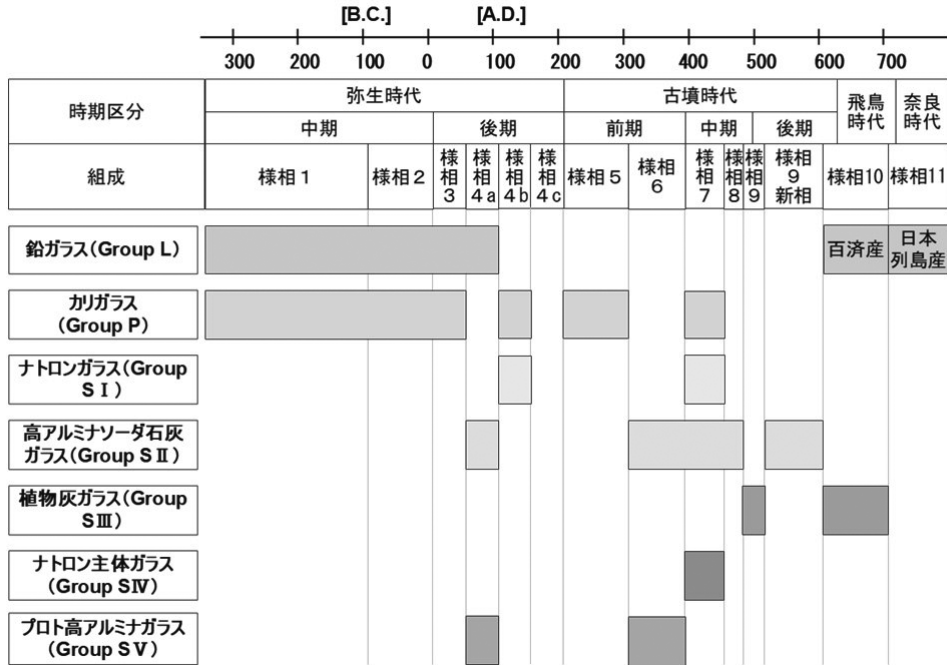


図2 ガラスタイプごとにみられる时期的様相の変化

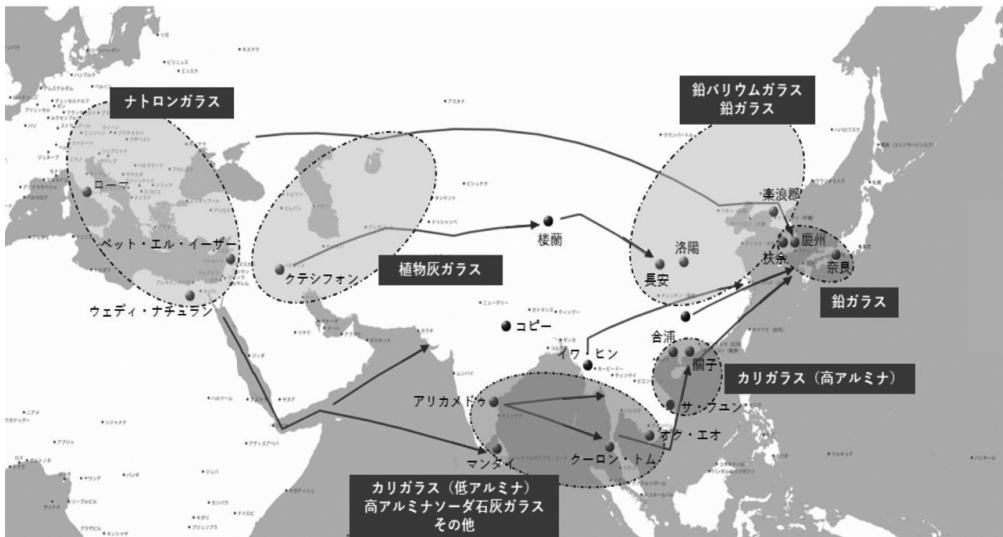


図3 列島に流入したガラス小玉の原産地と交易ルート

であると想定される。上記の分類をもとに大賀（2020a）が作成した様相区分を参考に、ガラス分類ごとの画期を示す年表を図 2、日本列島への流入経路を示す地図を図 3 に示す。

古墳時代の開始により、弥生時代後期に見られた多様な種類の流通が一部の種類を除きほぼ途絶え、唯一流通していたガラス小玉の一部は近畿中部を分布の核にしつつ、瀬戸内東部に比重が置かれるようになる。この地域では、銅着色の淡青色を示す「カリガラス（高アルミナ）」の出土が顕著であり、鉛同位体比の分析から、これらはベトナムの中央部が原産地であることが明らかにされている（Lankion and Dussubieux 2006）。このことから、近畿中部が限定的なガラス小玉の流入窓口になったと考えられる。前期後半になると出土量が全体的に増加し、淡青色のガラス製玉類に限定される。出土分布が近畿中部と、山陽・北部九州の特定の古墳に集中する傾向は継続しつつ、さらに常陸や下総などの関東地方まで広がる。したがって、古墳時代前期における出土分布は沿岸部に集中しており、また原産地もアジア南端に集中していることから、原産地から太平洋を通して直接日本列島に流入する海路を用いた搬入経路の存在も指摘されている（Oga and Tamura 2013）。

古墳時代中期後半になるとその様相は変化する。西アジア～中央アジアを原産とする「植物灰ガラス」が出現し、「カリガラス」の出土が見られなくなる。一方、「高アルミナソーダ石灰ガラス」はそれ以前に比べて増加する。同様の傾向が百済地域の武寧王陵で多く出土しているガラス小玉でも見られる。また、新羅において列島内出土の「植物灰ガラス」と同様の分析結果を示すガラス小玉が出土している。したがって、5 世紀後半には、西アジア～中央アジアを起点とし、シルクロードおよび朝鮮半島を経由して列島に流入するという経路が形成されていたと考えられている。しかしその経由地が南西部の百済であるか、南東部の新羅であるかを判断するには今後出土品の分析を進めるとともに歴史的背景と紐づけて検討する必要がある（Oga and Tamura 2013）。

古墳時代後期前葉になると南インドからアジア南端を原産とする「高アルミナソーダ石灰ガラス」の出土が途絶え、西アジア～中央アジア原産の「植物灰ガラス」に加え、朝鮮半島南西部で生産されていた「鉛ガラス」の出土が確認される。「鉛バリウムガラス」は古代中国特有のガラスタイプであるが、列島内で出土している遺物に関してはその化学組成から二つのタイプに分類される。一つは、同時期の吉林省や朝鮮半島南西部で出土するガラス小玉と鉛同位体比が一致している。また、一部の「鉛ガラス」でも同様の結果を示している。したがって、6 世紀後半になると朝鮮半島南西部を経由した陸路が用いられていた可能性が高い。この時代は、中国が統一され南北朝時代が終焉を迎えた時期であり、百済と唐の関係が強まったことが指摘されていることから、この状況がガラス小玉の流通に影響を与えた可能性がある（Oga and Tamura 2013）。

また「鉛バリウムガラス」の調査から別の様相も浮かび上がる。Oga, Tamura（2013）によると、このタイプでは出土遺跡で同時に出土する遺物の中に、長江中流域の湖南省で生産が盛んであったガラス円盤が含まれる事例が多く、このような事例が朝鮮半島で一切見られないこと

から、湖南省から長江を經由して直接日本列島に流入した可能性が高いと考えられている。ただその一方で、この時期になると「高アルミナソーダ石灰ガラス」の出土が見られなくなることから、太平洋を用いた海路による南インドおよびアジア南端からの搬入経路は途絶えたとされている (Oga and Tamura 2013)。

またこの時期から、鋳型などに代表される生産遺物が出土し、これらは列島内で鋳造による二次生産が行われ始めたことを示している。7世紀後半になると、百済から流入してきた生産技術によって、中国地方の鉛鋳山から原料を調達し、列島内でのガラス生産を開始したとされており、飛鳥池遺跡でもガラス生産に関わる遺物群の出土が確認されている。この時期から搬入品の出土も途切れることから、自国での生産が可能になったことでガラス小玉の搬入は途絶えたと考えられている (大賀 2020a)。

## II. 調査

### 1. 調査資料

本研究で用いた資料は、常陸の中期および後期古墳である十五郎穴横穴墓群指洪支群VI区第101号墳 (以下、「十五郎穴101号墓」)、大平古墳群第1号墳 (以下、「大平1号墳」)、磯崎東古墳群磯崎東小学校敷地内第1号墳 (以下、「磯崎東1号墳」)、同第1号石室 (以下、「磯崎東1号石室」)、1990-1号墳東側石棺 (以下、「磯崎東石棺」) から出土したガラス小玉464点である (表1, 図4)。

十五郎穴101号墓は、古墳時代終末から平安時代にかけて、台地の斜面に横穴を掘ることでつくられた墓であり、横穴墓の数は274基にのぼる (稲田 2019)。追葬が多く行われており、古墳時代終末期から平安時代の始めにかけて使用された遺跡である。

大平1号墳は、7世紀前半の遺跡である (大平遺跡群調査団 1986)。石室内部から、副葬品

表1 調査資料一覧

	墳墓	所在	年代	墳形	埋葬施設	調査資料
1	十五郎穴横穴墓群 指洪支群VI区 第101号墓	茨城県 ひたちなか市 中根	8世紀前半?		横穴墓	ガラス小玉 152点
2	大平古墳群 第1号墳	茨城県 ひたちなか市 大平	7世紀前半	前方後円墳	横穴式石室	ガラス小玉 8点
3	磯崎東古墳群 磯崎小学校敷地内 第1号墳	茨城県 ひたちなか市 磯崎	7世紀前半	円墳	横穴式石室	ガラス小玉 37点
4	磯崎東古墳群 磯崎小学校敷地内 第1号石室	茨城県 ひたちなか市 磯崎	7世紀前半	不明	横穴式石室	ガラス小玉 241点
5	磯崎東古墳群 1990-1号墳 東側石棺	茨城県 ひたちなか 市磯崎	6世紀前半?	不明	箱式石棺	ガラス小玉 26点



図 4 調査遺跡の地図

としてガラス小玉と共に銅釧，刀子，鎌，馬具，鉄鏃も出土している。

磯崎東古墳群は未報告の遺跡である。上記 2 遺跡よりも沿岸部に位置しており，こちらも 7 世紀前半の遺跡であることがわかっている（稲田 2017）。磯崎東 1 号墳とされる円墳は，墳丘と石室の天井部が失われた状態で確認されており，石室には海岸の石が使用されている。周溝外縁の直径が 19.6 m であり，玄室からは人骨や大刀片，ガラス製や石製の玉類が出土した（稲田 2017）。磯崎東 1 号石室は周溝を有さない地下式の横穴式石室であり，1 号墳同様，海岸の石が利用されている。墳丘は削平されているが，市内の調査例から高さ 1 m ほどの低い墳丘があったものと想定され，玄室からは人骨が出土している（稲田 2017）。磯崎東石棺は，1990 年度に行われた第 2 次調査によって検出され，二基の箱式石棺のうち東側に位置している（茨城県教育委員会 1993）。

また，磯崎東古墳群の古墳は，墳形や大きさ，立地が多様かつ複雑であることからその傾向を捉えることは非常に難しいが，台地平坦部に位置する大型の古墳からは多くの副葬品が出土する一方で，海に面した台地斜面部に位置する石棺からは副葬品が一切出土しないなどの傾向から埋葬者のなかにも階層が存在していたと考えられる（稲田 2017）。まだ未発掘の遺跡も多いことから古墳群全体の傾向を把握することは難しいが，すでに調査されている古墳を比較するとガラス小玉の出土状況に大きなばらつきがあることから，磯崎東古墳群のなかにおける階層性の議論と何らかの関連があることが予想される。

## 2. 調査方法

### (1) 蛍光 X 線分析

ガラス製遺物は蛍光 X 線分析による元素組成から，産地推定およびそれに基づくタイプ分類の調査を行うことが可能である。詳細なタイプ分類のためには，Na や Mg などの比較的軽い元素を用いるため，測定チャンバーを真空中にできる高性能な機器を必要とする場合が多い。しかし，そのような機器はベンチトップ型が多く，機械を移動することが難しい装置も多い。また，

測定 1 点当たりの時間がかかるという課題があり、1 遺跡から数百点もの大量の出土点数があるようなガラス小玉の場合には、全点を測定することは現実的ではない。そのため、ガラス小玉を対象とする場合には、分析資料を厳選して実施する場合が多い。一方、短時間かつ機器を現地に移動して測定することができれば、全国の分析事例を増加させることができるだけでなく、遺跡から出土する資料全点を分析することが可能となる。

そこで今回の分析では、可搬型蛍光 X 線分析計 Thermo Scientific 社 可搬型 Niton-XL3t-950（以下、「Niton」）を使用した。Niton はハンドヘルド型の蛍光 X 線分析装置であることから、資料を保管する施設における分析調査と短時間の測定が可能である。X 線源は Ag 管球、出力管電圧は 50 kV で、出力電流の最高値は 200  $\mu$ A である。計測時間は常に 60 秒で統一し、測定範囲は直径 3 mm とした。測定モードは Mining Cu/Zn（鉱物採掘モード）で統一し、定量には Fundamental Parameter method（FP 法）を採用した。

ただし、Niton はフィルムの特性により、軽い元素である Na や Mg の検出率が悪い。ガラスに含まれる Na や Mg の含有量は Niton の検出限界以下であることから測定不可であるため、Niton によるガラスタイプの詳細な分類は難しいとされてきた。しかし一方で、Al より重い元素に対しては、高精度ではないものの、定性および半定量には十分な検出が行われることを認証標準によって確認できたことから、Niton の分析による Al 以降の元素含有量からタイプ分類が行える可能性がある。このことから、まずは Niton によってどの程度詳細なガラスタイプ分類が可能かを確かめる必要がある。

そこで一部の抜粋した資料に対し、高性能な蛍光 X 線分析装置によってガラスタイプを明らかにしたあと、Niton による分類と整合性が取れるかどうかを確認することによって Niton による分類法の確立を試みた。高性能な蛍光 X 線分析装置には、株式会社アワーズテック製可搬型蛍光 X 線分析装置 OURSTEX 100FA の軽元素対応型（以下、「100FA」）を用いた分析を用いた<sup>2)</sup>。この装置は、「白色 X 線励起モード」の利用に加え、試料室を真空状態にすることによって Na や Mg などの軽い元素の検出も可能にした高性能な蛍光 X 線分析装置である（Abe 2018）。

## (2) 観察手法

ガラスの分析において、元素分析はあくまで資料を構成する元素を定性・定量する手法であるため、原産地の推定や詳細なタイプ分類には有効である一方で、ガラス小玉の一次生産や加工の在り方を直接的に示すものではない。生産から加工までの過程を理解するためには、資料一点一点に対し、製作技法をきちんと観察することが重要である。そこで今回の調査では、肉眼観察およびデジタル顕微鏡（株式会社ハイロックス製デジタルファインスコープ VCR-800）による観察、撮影記録を行った。レンズは中倍率ズームレンズを使用し、本研究では倍率を 50 倍～200 倍とした。

ガラス玉の製作技法については体系的な調査例がすでにあるため、本研究ではその分類にしたがった（Oga and Tamura 2013）。製作技法は大きく分けて、引き延ばし、巻き付け、加熱貫



入法に分類される。一般的には、巻き付け技法はナトロンガラスに多く見られる。このような製作技法に依存する型式的特徴を顕微鏡観察によって明らかにし、産地推定を行う際の多角的な判断基準の一つとした。

### Ⅲ. 調査資料のタイプ分類

#### 1. ガラス小玉の二次生産

調査資料の観察から、磯崎東1号石室の資料の9割以上が鋳型による二次生産を施したガラス小玉であることがわかった。これらは砕かれたカレット状のガラスが癒着したような形状をしており、他の資料に比べて粗く脆い質感である（写真-3,4）。一方、一次生産品はガラスが均質で、色彩も一様である（写真-5）。顕微鏡写真からもわかる通り、白色透明なガラス塊が確認できることから、異なる材質のガラスを砕いて一度に焼成して再熔融していたことが想定される。材質によって融点異なるため、焼成した温度が融点よりも高い材質のカレットのみ、融解しきらずにカレットの形状を留めて残存したと考えられる。

二次生産で使用される道具は、各地で出土している多孔土盤、いわゆる「たこ焼き型鋳型」と考えられる。二次生産について、実験考古学などによる再現実験も行われており（臼井2007）、その工程は、円形の土盤に孔開けを行い、墨などの剥離剤を塗ったのちにガラスカレットもしくはガラス粉を入れ、芯棒にはイ草や葦などの細長い植物を用いられたとされている。実験の結果から、透明性を得るためには二度焼成の必要があったことから、焼成温度だけでなく、回数も質感に影響していると考えられる。また、加工前のガラスがどの程度まで細かく粉碎されているかという点や、ガラスの材質の混在も二次生産品の質に影響を与えることから、本章第3節で元素分析の結果を踏まえて総合的に解釈する。

#### 2. 可搬型蛍光 X 線分析によるガラス小玉の分類の検討

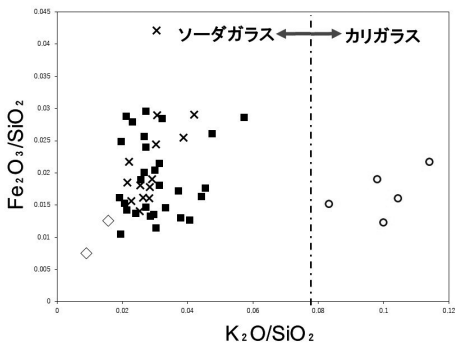
今回の調査では、分析対象の一部の資料に対し、100FAによるガラスタイプ分類を行った。その結果をNitonによる分析結果に反映し、散布図上で整合性が取れるかを確認することでNitonによる分類が可能であるかについて検討した。

結果を以下の図に示す。まず第5図が「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」の分類をした図である。Nitonによる分析で「カリガラス」であると考えられた5点については、右側に分布が偏っており、 $K_2O/SiO_2$ の値がおおよそ0.08以上を示す。この値は、田村（2013）の提示する「カリガラス」のカリウムの含有量と比較すると低い値を示しているが、カリウムは溶出しやすいため、風化により、カリウム分は必ずしも基準値に到達しないと考えられる。また第6図より、この5点はカルシウム分の含有量が低いことも「カリガラス」の特徴と一致する。したがって、Nitonによるカリウムの分析値から「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」の分類が可能であることがわかった。

さらに、第6図において5点すべてが低アルミナに分布することから、「カリガラス（低ア

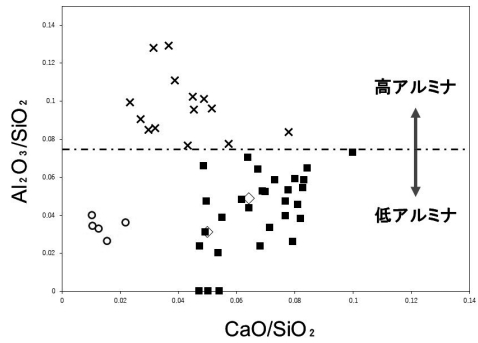
ルミナ)」であることがわかった。

次に、「ソーダ石灰ガラス」( $K_2O$  値が 0.06 以下を示す資料) のさらなる分類を試みる。第 6 図は、第 5 図で左側に分布していた資料を、「低アルミナタイプ」と「高アルミナタイプ」に分類した図である。「高アルミナタイプ」は縦軸の  $Al_2O_3/SiO_2$  において 0.07 以上に分布をもつ。この基準は田村 (2013) の提示する「高アルミナタイプ」の分類基準と一致したことから、整合性がとれることを確認した。また、「高アルミナタイプ」はさらに「高アルミナソーダ石灰ガラス」と「プロト高アルミナソーダ石灰ガラス」に二分される (第 1 図)。しかし、「プロト高アルミナソーダ石灰ガラス」は、Ca, Mg, K の含有量が少ないという特徴があり、今回の調査資料のなかにこれらの条件を満たす資料はないことを確認した。また、このタイプは日本列島内において、弥生時代後期中葉から終末期にかけて流通していたことから、今回の調査資料の出土遺跡とは数世紀の差がある。したがって今回は、「高アルミナタイプ」に分類された資料はすべて「高アルミナソーダ石灰ガラス」とみなす。



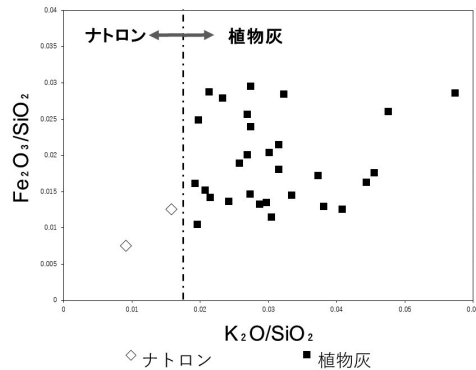
◇ ナトロン ■ 植物灰 × 高アルミナソーダ ○ カリガラス

図 5 「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」  
の分類



◇ ナトロン ■ 植物灰 × 高アルミナソーダ ○ カリガラス

図 6 「高アルミナタイプ」と「低アルミナタイプ」  
の分類



◇ ナトロン ■ 植物灰

図 7 「ナトロンガラス」と「植物灰ガラス」の分類

次に、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  の値が 0.07 以下を示す「低アルミナタイプ」について、さらなる分類を試みた。「低アルミナタイプ」には「ナトロンガラス」、「植物灰ガラス」、「ナトロン主体ガラス」の 3 種類が含まれる（第 1 図）。主に南アジア・東南アジア原産とされる「ナトロン主体ガラス」は、組成が地中海原産の「ナトロンガラス」と類似しているが、カルシウムの含有量が少ないことから分類が可能である。しかし、本調査の資料にはこの基準を満たす資料が存在しなかった。一方、100FA の分析により、「ナトロンガラス」と「植物灰ガラス」の存在は確認されたことから、これらの資料をもとに、今回は「低アルミナタイプ」を「ナトロンガラス」と「植物灰ガラス」に分類する方法を探った。

第 7 図より、「ナトロンガラス」は  $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  の値が 0.016 以下に分布している。これは田村 (2013) の分類よりもカリウム値がわずかに高い値を示しているが、おおむね一致している。したがって、 $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  値から「植物灰ガラス」と「ナトロンガラス」の分類が可能である可能性が高い。ただし、「ナトロンガラス」の分類は、本来 K だけでなく Mg の含有量も考慮して判断を行う必要がある（田村 2013）。しかし、Niton では Mg の含有量が検出限界を下回ってしまうことから、K の含有量のみから判断を行うにとどまる。また、今回の調査では「ナトロンガラス」の出土事例は 2 点のみであることから、この分類法はさらなる検討が必要である。

以上より、Niton の分析から、①「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」の分類、②「高アルミナタイプ」と「低アルミナタイプ」への分類が可能であることがわかった。さらに、「低アルミナタイプ」は  $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  値から「ナトロンガラス」と「植物灰ガラス」の分類が可能となることが期待される。

### 3. 調査資料のガラスタイプ分類

次に、今回調査対象としたガラス小玉に対し、上記の分類を遺跡ごとに適応した。まずカリガラスの分類を行うため、 $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  と  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  のプロットを行ったところ（図 8）、磯崎東 1 号石室で 2 点、大平 1 号墳で 3 点、合計 5 点が確認された。これは、100FA で分析を行った際にカリガラスに分類された資料と一致する。これらの資料は、直径およそ 8 cm で、濃い青色を呈する。また、大平 1 号墳で出土したカリガラスのうち一点のみ、巻き付け技法によって製作されていることが確認された。

次に、上記で分類された「カリガラス」を除き、「ソーダ石灰ガラス」のなかでの分類を試みた（図 9）。

十五郎穴 101 号墓では「高アルミナタイプ」と「低アルミナタイプ」に分類された。「高アルミナタイプ」に分類される資料は大きさ、色調ともに一様であり、淡青色と呼ばれる青色を呈していた。「低アルミナタイプ」をさらに分類したところ、「ナトロンガラス」に 6 点が分類された（第 10 図右）。しかし、そのうち 1 点は境界値にほぼ重なる値を示しているうえ、表面の劣化が激しいことから、風化によるカリウム分の流出である可能性が高い。一方、カリウム分が極端に少ない箇所分布する 3 点は、すべて破損した資料である。ナトロンガラスは他の

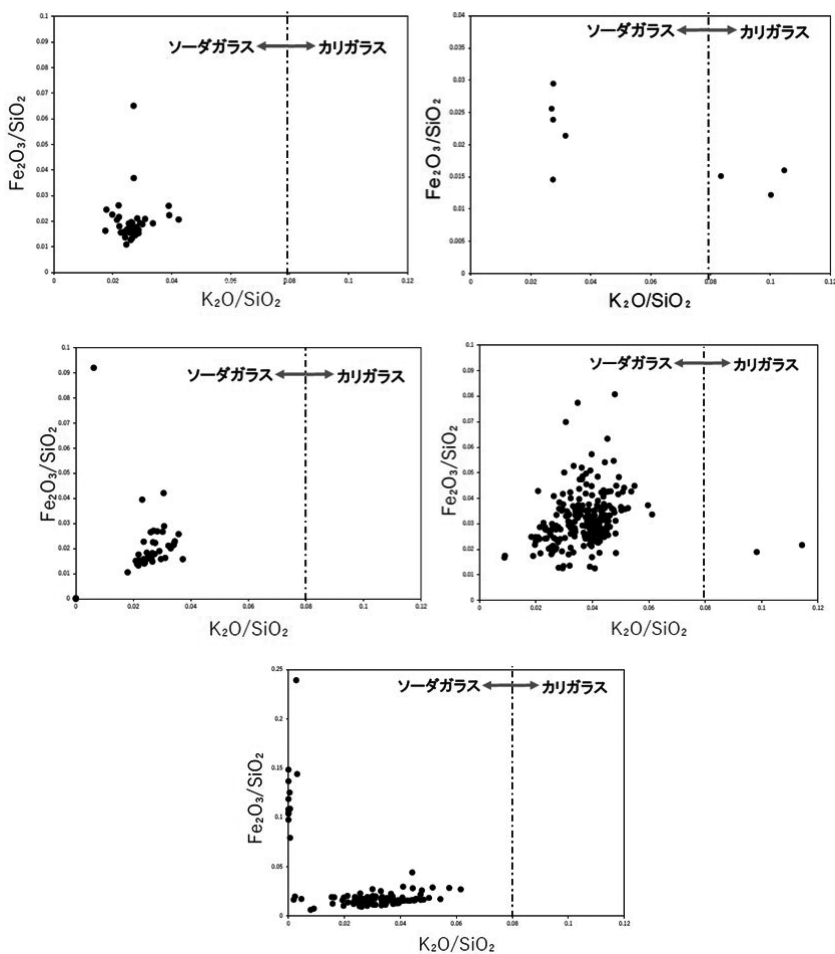


図8 調査遺跡ごとの「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」の分類

上段左：十五郎穴 101 号墓，上段右：大平 1 号墳，

中段左：磯崎東 1 号墳，中段右：磯崎東 1 号石室，

下段：磯崎東石棺

ソーダ石灰ガラスに比べて脆い性質をもつことから、破損した資料がナトロンガラスである可能性は高い。一方で、破損した資料を分析する際は専用の容器に入れることから、フィルムが二重になり、蛍光 X 線の検出率が下がる。したがって、今回分析した K の値のみから「ナトロンガラス」と判断することは危険であるため、確実に「ナトロンガラス」に分類できる資料は 2 点と判断した。

大平 1 号墳では、「ソーダ石灰ガラス」の 5 点すべてが「低アルミナタイプ」に分類された。これは OURSTEX で「植物灰ガラス」に分類されたことと一致する。

磯崎東 1 号墳では「高アルミナタイプ」と「低アルミナタイプ」に分類された。「高アルミナタイプ」のなかに、不透明な黄緑色を呈するガラス小玉が一点見つかった。これは着色剤に

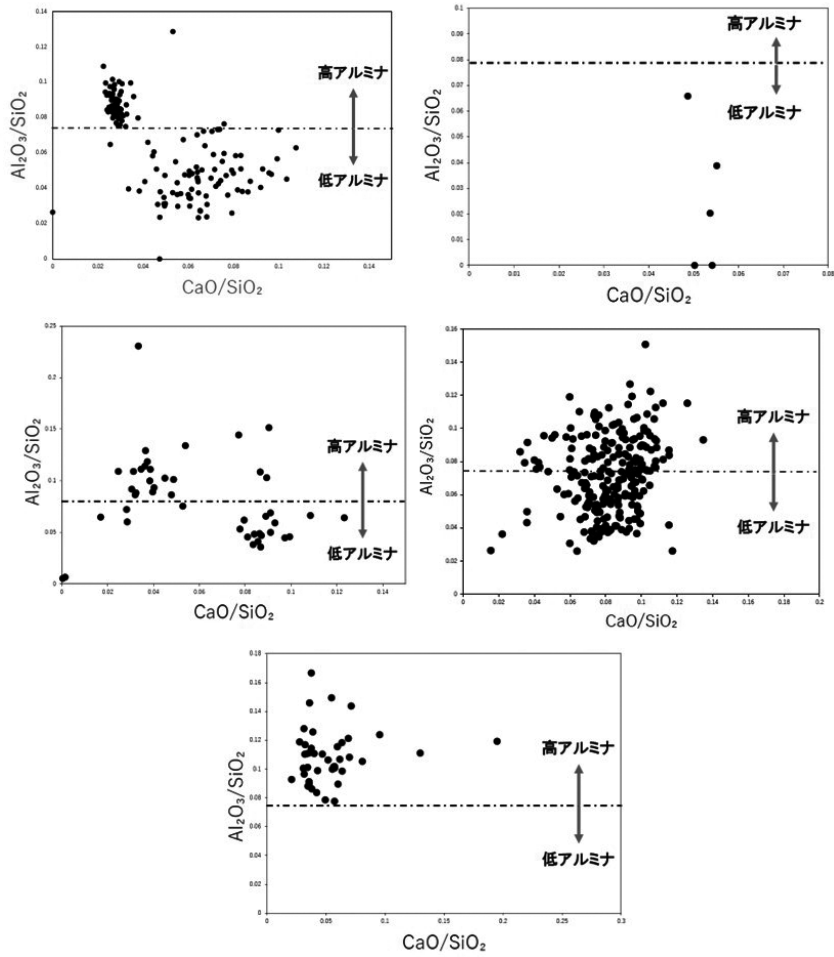


図9 調査遺跡ごとの「高アルミナソーダ石灰ガラス」と「低アルミナソーダ石灰ガラス」の分類  
 上段左：十五郎穴 101 号墓，上段右：大平 1 号墳，  
 中段左：磯崎東 1 号墳，中段右：磯崎東 1 号石室，  
 下段：磯崎東石棺

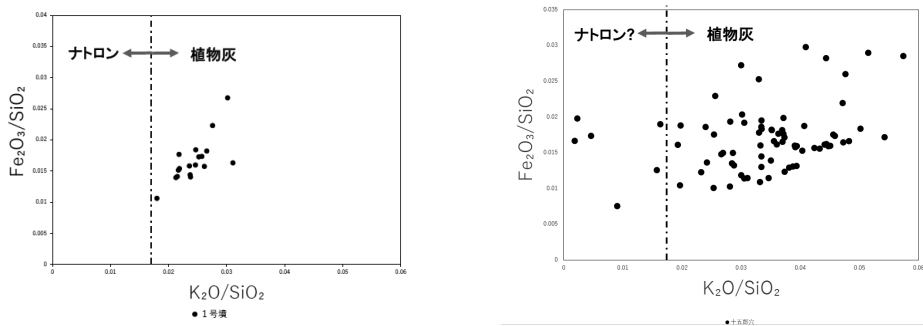


図10 調査遺跡ごとの「ナトロンガラス」と「植物灰ガラス」の分類  
 左：磯崎東 1 号墳，右：十五郎穴 101 号墳

黄色の合成顔料である  $\text{Pb}_2\text{SnO}_4$  (錫酸鉛) が使用されており、顕微鏡写真から黄色不透明粒子が散布されていることを確認した (写真-7)。一方で、「高アルミナタイプ」の青色を示すほかの資料 (磯崎東1号墳出土ガラス小玉 No.22, No.25) と Cu の含有量を比較したところ、黄緑色の資料でも同程度検出された。したがって、銅着色に加えて  $\text{Pb}_2\text{SnO}_4$  を添加した可能性が高く、青みがかった発色は、Cu によるものと推測される。 $\text{Pb}_2\text{SnO}_4$  による着色が施された例は、熊本県小田良古墳 (白瀧, 阿部ほか 2010) や飛鳥寺塔芯礎埋納物 (田村 2013) など限られており、流通経路の解明に重要な資料であると考えられる。また、「低アルミナタイプ」について細かく分類を試みたところ、すべて「植物灰ガラス」に分類された。

磯崎東1号石室では分類が明確ではなく、境界にまたがって分布が集中していた。これは、本章第1節で述べた鋳型による二次生産が原因と考えられる。ガラス小玉は各地の古墳において多量に出土することが多いが、複数の原産地の資料が混在して出土するケースが多い。これは、ユーラシア大陸の各地で生産されたガラス小玉が仲介地点で集結し、再編成されたものが流入してきていると考えられている (Oga and Tamura 2013)。このことを考慮すると、鋳型による二次生産を施す際、複数のガラスタイプをもった素材を混在して焼成した可能性が高い。これは、顕微鏡観察によって複数の色のカレットが確認されたことと一致する。したがって、この1号石室における散布図から、鋳型による二次生産は複数のガラスタイプを混在して焼成していたことが推測される。また、白色化した鉛ガラスを1点含んでいた (大賀 2020b)。

磯崎東石棺では、「ソーダ石灰ガラス」のうちすべてが「高アルミナソーダ石灰ガラス」に分類された。これらは直径が約 3 mm ほどで淡青色を示すが、一部の資料は、アルカリ分の溶出により不透明な茶色や白色を呈する (写真-6)。

以上より、遺跡ごとに見られたガラスタイプ分類を表にまとめる (表2)。

#### IV. 常陸沿岸部のガラスタイプの多様性について

ガラスタイプを分布図に落とし込み、前期古墳と後期・終末期古墳でガラスタイプの分布について比較を行ったところ (第11図)、前期古墳では、霞ヶ浦周辺や恋瀬川・桜川流域など、地域ごとに特定の組成タイプを示す傾向であるのに対し、今回調査した後期・終末期古墳では、狭い範囲で多様なガラスタイプが存在することがわかった。この傾向は、列島全体において5世紀ごろに見られる傾向である (第2図)。前期から後期にかけて、常陸地域におけるガラス小玉の流通においてなにかしらの変化が生じたことが予想されることから、この違いについて以下で考察する。

まず考慮すべき点として、追葬による副葬品の蓄積が挙げられる。今回調査した遺跡はほとんどが横穴式石室や横穴墓であることから、数世代にわたって、複数人が埋葬されていた可能性が高い。そのため、数世代分の副葬品が蓄積されたことで、ガラスタイプが多様になっている可能性がある。しかしガラス小玉は混在して埋葬されていることが多く、特定のガラス小玉がどのタイミングで埋葬されたものであるかを見分けることは難しい。したがって、ひとつの

表2 ガラス小玉の遺跡別タイプ分類結果

墳墓	年代	ガラスタイプ	備考
十五郎穴横穴墓群 指洪支群Ⅵ区 第101号墓	8世紀前半?	高アルミナソーダ石灰ガラス 植物灰ガラス ナトロンガラス	約90点 約60点 2点
大平古墳群 第1号墳	7世紀前半	植物灰ガラス カリガラス (低アルミナ)	5点 3点
磯崎東古墳群 磯崎小学校敷地内 第1号墳	7世紀前半	高アルミナソーダ石灰ガラス 植物灰ガラス	23点 (うち錫酸鉛による着色が1点) 15点
磯崎東古墳群 磯崎小学校敷地内 第1号石室	7世紀前半	鋳型による二次生産ガラス カリガラス 鉛ガラス	238点 2点 1点
磯崎東古墳群 1990-1号墳 東側石棺	6世紀前半?	高アルミナソーダ石灰ガラス	26点

古墳に埋葬された副葬品を正確に時期ごとに分類することは困難である。

つぎに、消費地において玉類を再編成していた可能性について考える。これは、それぞれの遺跡でガラス玉だけでなく、石製の勾玉や切子玉、土製の丸玉など、多様な玉類が同時に出土していることから、流通していたガラス小玉を他の玉類とともに再編成して一連の装身具としていた可能性が想定される。実際、複数の素材による玉類を一つの製品としている例は少ない(谷澤 2020)。またガラス小玉の場合、ガラスのタイプが異なっている場合でも色彩が似通った青色を呈しており、当時の消費者が使い分けをしていたとは考えにくい。したがって、後期・終末期古墳では同時期に複数のガラス素材の玉類が出回っており、それらが混在した状態で再編成され、ひとつの副葬品として使用されていたことが想定できる。

最後に、複数の搬入ルートが存在した可能性について考える。今回調査した5遺跡は太平洋側に位置していることから、海を利用した経路も含め、物資の活発な流通が想定される。磯崎東古墳群の石棺墓は海や主要河川の河口を臨む場所に位置しており、他地域の沿岸部に位置す

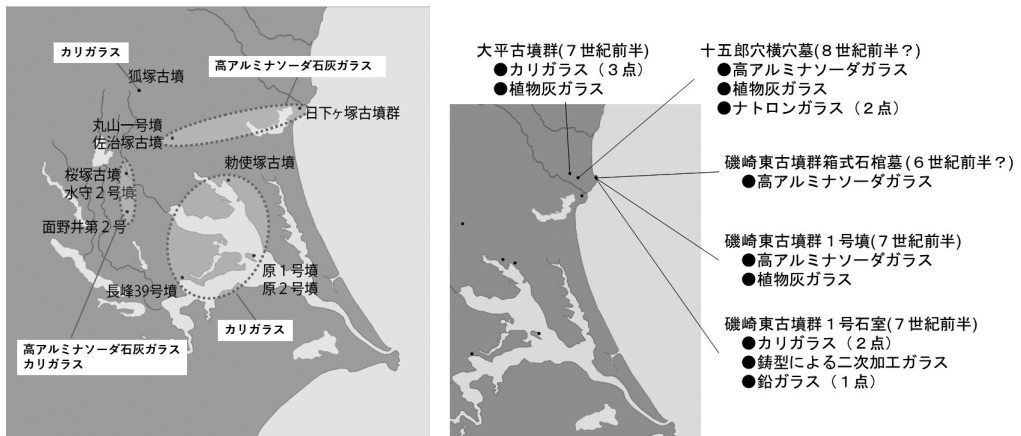


図11 ガラス小玉のタイプ別分布図 (左：前期古墳, 右：後期・終末期古墳)

る石棺墓と共通した臨海性の墓制を有していることや骨鏃の出土などから、古墳時代後期の常陸は「海洋民」が存在したことが示唆されている（稲田 2019）。また、常陸は様々な資料から九州との共通性が指摘されている。具体的には、装飾古墳の装飾図文およびその技法、土師器、海岸部の石棺墓、三角穂式鉄銚などが挙げられる（稲田 2019）。常陸は対蝦夷の拠点であったとされており、これらの共通性から肥後の集団が関係していた可能性がある。

今回の調査で、十五郎穴 101 号墳の副葬品には、インド・パシフィックビーズの一種であり、熊本で出土が確認されている錫酸鉛や銅によって不透明な黄緑色に着色されたガラス小玉が含まれていることが確認された。そのほか、九州ではガラス小玉の流通が盛んであり、多様なガラス小玉の存在が確認されていることから、常陸と肥後を結ぶような海洋ルートが存在したと解釈することができるかもしれない。今後、常陸の霞ヶ浦周辺の後期・終末期古墳におけるさらなる分析、および肥後で出土したガラス小玉との詳細な比較が必要であると考えられる。

## 結論

今回の調査により、まず簡易的な可搬型蛍光 X 線装置である Niton によってガラス小玉のタイプ分類を行うことができることがわかった。具体的には、「アルカリケイ酸塩ガラス」のうち、 $K_2O$ 、 $Al_2O_3$ 、 $CaO$  の含有量から、「カリガラス（低アルミナ）」、「高アルミナソーダ石灰ガラス」、「ナトロンガラス」、「植物灰ガラス」のおおよその分類が可能となった。これにより、資料が保管されている施設現地において、ガラス小玉の資料全点を短時間で分析をすることが可能となった。

次に、常陸中部沿岸で出土したガラス小玉に対して、Niton による分析およびタイプ分類を行ったところ、古墳時代前期に比べ後期以降で流通するガラス小玉の種類が多様化することがわかった。古墳時代前期は、出土するガラスのタイプが水系に沿って偏りが見られたが、古墳時代後期以降では、多様なガラス小玉が沿岸部の一部地域に集中していることから、沿岸部において、特定の流通経路だけでなく、複数の流通経路からさまざまな種類のガラス小玉が流入していた可能性が考えられる。また、そのように流入してきたガラス小玉は、列島内各地で製作された石製や土製の玉類とともにつなぎ合わせ、ひとつの副葬品として利用していた場合も存在したことが想定される。今後は流通経路の解明のため、古墳時代後期以降の常陸内陸部の分析事例を増やすこと、また常陸との共通性が議論されている肥後のガラス小玉との比較を詳細に行っていきたい。

## 謝辞

執筆にあたって筑波大学人文社会学系准教授の谷口陽子先生、教授の滝沢誠先生、茨城県教育庁の加藤千里氏、奈良文化財研究所の田村朋美氏、筑波大学人文学類学類生の内みなみ氏には非常に多くのご指導を賜った。また、ひたちなか市埋蔵文化財調査センターの稲田健一氏のご助力により、長期間にわたる資料への分析を納得がいくまで行うことができた。さらには遺跡や出土資料について多大なるご指導をいただいた。分析調査にあたり、東京電機大学工学



研究科助教の阿部善也先生、明治大学理工学部助教の村串まどか先生は、OURSTEX 100FA による分析を行ってくださったことに加え、デジタルファインスコープ VCR-800 による写真撮影および画像提供を快諾してくださった。調査日程における計画や装置の運搬から実施にいたるまで大変ご尽力いただき、また、調査や研究において非常に多くのご指導を賜った。末筆ながら厚く御礼申し上げます。

註 1 ガラスの生産は、原材料であるケイ酸塩と融剤を高温で攪拌することでガラスを生成する一次生産と、一度製品化されたガラスを再熔融することで再形成を行う二次生産が存在する。日本列島において、原材料から生産を行ったことが確認されたのが飛鳥池遺跡であることから、ここでは一次生産とした。

註 2 100FA による分析およびタイプ分類は、東京電機大学工学研究科助教の阿部善也先生、明治大学理工学部助教の村串まどか先生によって行われた。100FA は可搬型蛍光 X 線分析装置であり、高性能な分析機器でありながら移動可能であることから、Niton と同様、資料を保管している施設での分析を行うことができる。一方で、分析時間が 1 点につき約 10 分かかるため、Niton の測定時間と比較すると 10 倍の時間がかかる。したがって、今回のような大量な出土資料を全点分析するには短時間での分析が有効であると考えたことから、本調査では分析機器として Niton を採用することとした。

#### 参考文献

- 稲田健一 2017 「ひたちなか市磯崎東古墳群の調査」『埋文だより 46 号』14-18 頁。
- 稲田健一 2019 「装飾古墳と海の交流 虎塚古墳・十五郎穴横穴墓群」新泉社 42-91 頁。
- 白井洋輔 2007 「謎を秘めた古代ビーズ再現ービーズの孔からのぞいた日本とアフリカー」吉備人出版 33-93 頁。
- 大賀克彦 2010 「日本列島におけるガラスおよびガラス玉生産の成立と展開」『月刊文化財』第 566 号 27-35 頁。
- 大賀克彦 2002 「日本列島におけるガラス小玉の変遷」『清水町埋蔵文化財発掘調査報告書』V, 清水町教育委員会, 127-145 頁。
- 大賀克彦 2020a 「ガラスの材質分類と時期区分」『古川 登さん 退職記念献呈考古学文集 いにしへの河をのぼる』54-64 頁。
- 大賀克彦 2020b 「磯崎東古墳群出土の玉類」『埋文だより 52 号』14-18 頁。
- 大平遺跡群調査団 1986 「茨城県大平古墳」大平遺跡群調査会 60-67 頁。
- 加藤千里 2015 『ガラス製品の流通からみた弥生時代・古墳時代における関東の動態ー太平洋沿岸地域を中心にー』, 修士(人文学) 11-12, 38, 43-47 頁。
- 肥塚隆康 1995 「古代珪酸塩ガラスの研究」『奈良国立文化財研究所創立 40 周年記念論文集 文化財論叢 II』929-967 頁。
- 肥塚隆保・田村朋美・大賀克彦 2010 「材質とその歴史的変遷」『月刊文化財』No.566, 13-25 頁。
- 澤村大地, 中井泉 ほか 2015 「蛍光 X 線分析による関東地方の遺跡から出土した古代ガラスに関する考

- 古学的研究」637-642 頁.
- 白瀧絢子・中井泉 2011 「小田コレクションの分析による日本の古代ガラスの考古科学的研究」『国立科学博物館報告 E 類』第 34 巻 637-642 頁.
- 白瀧絢子, 中井泉ほか 2012 『熊本県出土の古代ガラスの考古化学的研究』29-52 頁.
- 蓼沼香未由 2015 「②磯浜古墳群(日下ヶ塚<常陸鏡塚>古墳)」『海浜型前方後円墳の時代』同成社 62-75 頁.
- 谷澤亜里 2020 「玉からみた古墳時代の開始と社会変革」同成社 70-79, 233-265 頁.
- 田村朋美 2013 『日本出土アルカリ珪酸塩ガラスの考古科学的研究—弥生～古墳時代に流したガラス小玉の再分類—』京都大学, 博士(人間・環境学) 71-73, 78-92 頁.
- 中井 泉 2015 「X 線で古代ガラスの起源を探る」『歴博』15-19 頁.
- 西川修一 2016 「相模湾沿岸部における古墳時代の臨海性墓制について」『長谷小路周辺遺跡発掘調査報告書』株式会社齊藤建設 179-190 頁.
- 村串まどか 2019 「非破壊オンサイト分析による日本およびシルクロードの古代ガラスの化学組成と流通に関する研究」, 東京理科大学, 博士(理学) 42, 49-50 頁.
- 村串まどか, 加藤千里, 阿部善也 2021 「沖ノ島祭祀遺跡出土ガラス製玉類の起源および流通に関する考察」『沖ノ島研究』宗像沖ノ島と関連遺跡群世界遺産推進会議 67-82 頁.
- 広瀬和雄 2015 「第 I 部 海浜型前方後円墳を考える」『海浜型前方後円墳の時代』同成社 1-38 頁.
- 山崎一雄 1987 「日本出土のガラスの化学的研究」『古文化財の科学』思文閣出版 274-300 頁.
- Abe, Y., Shikaku, R., Nakai, I., 2018, Ancient glassware travelled the Silk Road: Nondestructive X-ray fluorescence analysis of tiny glass fragments believed to be sampled from glassware excavated from Niizawa Senzuka Tumulus No. 126, Japan, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 17, pp. 212-219.
- Oga, K., Tamura, T., 2013, Ancient Japan and the Indian Ocean Interaction Sphere Chemical compositions, chronologies, provenances and Trade Routes of Imported Glass Beads in the Yayoi Kofun Periods (3<sup>rd</sup> Century BCE 7<sup>th</sup> Century CE), *Journal of Indian Ocean Archaeology*, 9, pp. 37-65.
- Lankton, J. W., Dussubieux, L., 2006, Glass in Asian Maritime Trade: A Review and an Interpretation of Compositional Analyses, *Journal of Glass Studies*, p. 48.

#### 図表・写真出典一覧

- 第 1 図 筆者作成。生産地は Oga and Tamura (2013) を参照。
- 第 2 図 筆者作成。大賀 (2020 a) の表を参照。
- 第 3 図 Oga and Tamura (2013) から引用。電子地形図 (国土地理院) を加工。
- 第 4 図 筆者作成。
- 第 5 図 筆者作成。
- 第 6 図 筆者作成。
- 第 7 図 筆者作成。
- 第 8 図 筆者作成。
- 第 9 図 筆者作成。
- 第 10 図 筆者作成。
- 第 11 図 筆者作成。左図は加藤 (2015) の分析結果を参照。
- 第 1 表 筆者作成。
- 第 2 表 筆者作成。
- 写真 1～7 筆者撮影。

Portable X-ray Fluorescence Analysis of Small Glass Beads  
of the Late and Terminal Kofun Period  
in the Chubu-Hitachinaka Coastal Area

Kamata, Ryo

Many small glass beads have been excavated as burial accessories in the ancient Japanese archipelago, but since domestic production of glass beads was not practiced until the 7th century, all of them were brought in from outside the archipelago. In recent years, the material properties of glass beads have been actively investigated by chemical analysis, and a systematic classification of the types of glass beads in the archipelago based on material has been established. The accumulation of analytical data has led to the clarification of distribution routes, but this is less active in eastern Japan than in western. In order to understand the distribution routes in eastern Japan, chemical analysis was conducted on about 450 small glass beads of the late and terminal Kofun Period in the Chubu-Hitachinaka coastal area. Based on the results of the typological classification, we found that various types of small glass beads were excavated in the coastal area, compared to the materials excavated in the early Kofun period and the surrounding area. Therefore, it was assumed that the distribution route was more complicated than in the Early Kofun period, and that the distribution was more active.