

シルクロードを旅してきたガラス碗

阿部 善也, 中井 泉

Abe Yoshinari Nakai Izumi

1. 古代ガラスの起源推定法

ガラスは今から4,000年以上前に西アジアで発明され、かつては宝石と並ぶ高級品でした。また、古代にはガラスを生産できる地域に限られていたため、交易品として重宝されました。我が国からも、かつて地中海沿岸に栄えたローマ帝国（紀元前1～後4世紀）や、現在のイラン・イラクを中心に繁栄したペルシャ帝国（サーサーン朝：3～7世紀）など、はるか遠い西方地域で作られたものとよく似たガラス製品が出土しており、それらはシルクロードを通じた東西交易によって、中国や韓国を経て日本へもたらされたものと考えられています¹⁻³⁾。

古代ガラスがどこで作られたものなのか、その起源（製造地）を推定する方法として、目に見える形状などの型式的特徴を比べる方法が一般的です。しかしながら、異なる地域で似た形状のガラスが作られることもあり、またビーズ製品などは型式的特徴では起源を推定できない場合もあります。そこで近年では、古代ガラスを化学分析し、目に見えない様々な情報を引き出して起源推定に用いるという方法が行われるようになりました。特に古代ガラスに含まれる元素の情報（化学組成）は、使用された原料の種類や採取地の違いを反映することから、起源推定に非常に有効です^{4,5)}。

2. X線を使って文化財を測る

化学組成を分析するには様々な方法がありますが、筆者らは古代ガラスの研究に“蛍光X線分析法”を利用しています⁴⁾。蛍光X線分析法では、試料にX線を照射し、発生した蛍光X線を検出します。発生した蛍光X線のエネルギー（波長）は元素の種類によって固有の値となるので、検出された蛍光X線のエネルギーを調べれば、試料にどんな元素が含まれるのか分かります。さらに、蛍光X線の発生量は各元素の存在量に比例するので、検出された蛍光X線の強度から各元素の濃度を計算できます。古代ガラスは貴重な文化財ですから、試料の破壊を伴う分析法は適しません。蛍光X線分析では試料を破壊することなく、X線を照射するだけで化学組成を分析できるため、文化財の分析に非常に有効です。

もう1つ、蛍光X線分析法の重要な特長として、装置の小型化が可能という点が挙げられます。近年では片手でも扱えるようなハンドガン型の蛍光X線分析装置も販売されています。可搬型の装置を用いることで、発掘されたばかりの遺物を考古遺跡現地ですぐ分析したり、外への持出が禁止されている貴重な文化財を博物館内で分析することが可能となります。筆者らは文化財の“その場分析”に特化したポータブル蛍光X線分析装置をメーカーと共同で開発し、

国内外の考古遺跡や博物館へと持ち込んで、古代ガラスをはじめとする様々な文化財の研究に活用しています⁴⁾。図1は、開発した装置を海外の博物館へと持ち込み、古代ガラスを分析している様子です。

3. 奈良の古墳で見付かったガラス碗

1963年、奈良県にある新沢千塚古墳群^{にいざわせんづか}の126号墳（5世紀後半）から、淡緑色の透明ガラス製の碗（図2：口径約8cm、高さ約7cm）が出土しました⁶⁾。新沢千塚古墳群は、奈良県橿原市^{かしはら}に位置する日本有数の大古墳群です。4世紀末から7世紀にかけて造営された総数600基もの墳墓が密集した群集墳で、国の史跡に指定されています。この古墳が造られた当時、日本国内では原料からガラスを作り出す一次生産がまだ行われておらず、全てが大陸からの輸出品でした^{3,4)}。よって、このガラス碗もまた、海外で作られ日本へと輸入されたものであると考えられます¹⁻³⁾。このガラス碗のほかにも、橿原考古学研究所の調査によって、この126号墳からは大陸との繋がりを示す渡来品が多数出土し、それらは一括して重要文化財に指定され、現在では東京国立博物館が所蔵しています。また、同館のホームページより、実物の画像を閲覧することができます（<http://webarchives.tnm.jp/imgsearch/index>）。

大陸から輸入されたとされるこのガラス碗、果たしてどこで作られたものなのでしょうか。化学組成を調べることで、その起源を推定することができます。このガラス碗は割れた状態で出土しており、破片を接合した際に残った細かい余りを使用して、国立科学博物館で化学分析が行われました⁷⁾。湿式分析（試料を酸などに溶かして行う分析）によって、このガラス碗は“ソーダ石灰ガラス”に分類される組成を持つことが明らかとなりました。ソーダ石灰ガラスは、約70%のシリカ（ SiO_2 ）を主成分とし、シリカの融点を下げる融剤であるソーダ（ Na_2O ）を20%弱、安定性を高める石灰分（ CaO ）を



図1 開発したポータブル蛍光X線分析装置を用いた古代ガラスの分析風景（シリア、ダマスカス国立博物館にて）

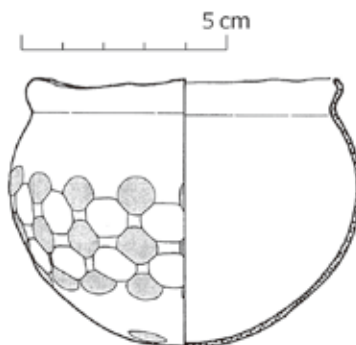


図2 新沢千塚古墳群126号墳より出土した円形切りガラス括碗の図版（奈良県立橿原考古学研究所：「新沢千塚126号墳」⁶⁾より）

10%弱含み、現代でも容器類などに最も広く利用されているタイプのガラスです。古代のガラスはその組成タイプによって作られていた地域が異なり、ソーダ石灰ガラス製の容器は西アジアや地中海沿岸などの西方地域で生産されました。よってこのガラス碗は、西方地域で作られたものが、シルクロードを経て日本へと伝えられたものであると考えられます。

4. ガラス碗はどこから？

当時の西方地域にはローマ帝国とペルシャ帝国という2つの大帝国が存在していました。件のガラス碗は、どちらの地域で作られたものな

のでしょうか。このガラス碗は“括碗”と呼ばれる形状で、胴部に円形の切子（カット）装飾が施されていることから、“円形切子ガラス括碗”などと呼ばれます。中国や韓国からも類例が出土しています³⁾。もともとはローマ帝国圏内で生産されていましたが、やがてローマからガラス生産技術の影響を受けたペルシャ帝国でも同様のガラス碗が作られるようになりました³⁾。よって型式的特徴のみからでは、このガラス碗の具体的な起源を判断することができません。そこで本研究では、非破壊の蛍光X線分析によって、奈良の古墳で見付かったこのガラス碗がどこで作られたものなのか、化学組成から解明を試みました。先述した国立科学博物館による化学分析の残りが、現在も同館に保管されています⁸⁾。本研究では、5 mm程度の小さな破片（図3）をお借りして、図1に示したポータブル蛍光X線分析装置を用いた非破壊の化学組成分析を行いました。

5. 化学組成に基づく起源推定

ローマ帝国とペルシャ帝国、両地域とも生産されていたガラスの種類は同じソーダ石灰ガラスですが、使用されていた原料の種類や採取地が異なります。こうした原料の差が、製品であるガラスの化学組成に反映されるため、化学分析により両地域のガラスを区別できます。

分析の結果、このガラス碗はマグネシウム（Mg）とカリウム（K）を多く含んでいることが分かりました。この特徴は何を意味しているのでしょうか。古代の西方地域のガラス生産では、融剤（アルカリ分）として“植物灰”と“ナトロン”の2種類が利用されていました⁵⁾。植物灰とは、アルカリ分を多く含む植物を燃やして得られる灰のことです。一方、ナトロンは炭酸ソーダ（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）を主成分とする鉱物です。約4,000年前にガラスの製法が発明されてから、メソポタミア地域を中心とした西アジア地域では、伝統的に植物灰を融剤とするガラス生産が行われていました。これに対して

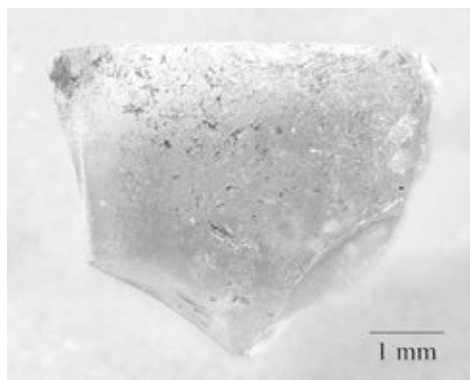


図3 分析した新沢千塚古墳出土ガラス碗の破片

地中海沿岸地域では、当初は植物灰を使用していたものの、やがてエジプト北部にある涸れ谷（降雨時のみ水が流れ、普段は水のない谷）で採掘されたナトロンを使用してガラスを生産するようになりました。そのため、西アジアのペルシャ帝国で作られたガラスは融剤として植物灰を、地中海沿岸のローマ帝国で作られたガラスはナトロンを用いていたという違いがあります。融剤の種類の違いは、化学組成に影響を及ぼします。今回ガラス碗から検出されたMgとKは、植物が生きていく上で不可欠な必須元素です。ナトロンはソーダ以外の不純物をほとんど含まないのに対し、植物灰には植物由来の元素が多数混入します。つまり植物灰を用いたガラスには、MgやKをはじめとする不純物が多く含まれることとなります。今回の分析結果は、このガラス碗がローマ帝国ではなく、ペルシャ帝国で作られたものである可能性を示しているのです。

しかしながら、この結果はあくまで融剤が植物灰だったことを示すものであって、このガラス碗がペルシャ帝国製だと判断するにはまだ不十分です。そこで、実際にペルシャ帝国の遺跡から出土したガラス製品と、化学組成を比較してみましょう。ペルシャ帝国の首都“クテシフォン”は、現在のイラクの中央、古くより豊かな土壌で知られたメソポタミア地域に置かれました。この首都からチグリス川を挟んだ対

岸に、“ヴェー・アルダシール”という都市がありました。ペルシャ帝国の初代君主であるアルダシール王の名を冠したこの王宮都市の遺跡からは、多数のガラス製品が出土しています。さらに近年、この遺跡から出土したガラス製品に対して、高感度な元素分析法である誘導結合プラズマ質量分析法を用いた湿式分析が行われ、その化学組成から3つのグループに分類できることが分かりました⁹⁾。

このヴェー・アルダシール遺跡から出土したペルシャ帝国のガラスと、本研究で得られたガラス碗の化学組成を比較した結果、3つの組成グループのうちの“Sasanian 2”というグループの組成と非常によく一致することが明らかとなりました。このグループのガラスは、ほかの2グループと比べてMg含有量に富む植物灰を使用しており、またシリカ源（シリカを主成分とする砂や礫^{れき}）に由来する鉄（Fe）やチタン（Ti）などの不純物が非常に少ないという特徴があります。こうした化学組成の特徴が、奈良の古墳で見付かったガラス碗とペルシャ帝国の王宮で出土したガラスの間で、主成分の元素から微量成分の元素まできれいに一致したのです。この化学組成の一致は、先述したような植物灰の利用を示す結果よりも、より具体的かつ確実にこのガラス碗の起源がペルシャ帝国にあることを物語っています。

このガラス碗、そして化学組成の一致が見られた“Sasanian 2”グループのガラスは、不純物が少ないシリカ源を使用していますが、これは透明度が高くより美しいガラスを作るために、原料の選別や精製が行われたことを示しています。またヴェー・アルダシール遺跡で出土したガラスの中には、製品になる前の未加工のガラス塊（原ガラス^{げん}）も含まれていました。こうした原ガラスの存在は、この遺跡やその近郊でガラス生産が行われていたことを示すものです。あるいは奈良の古墳に供えられたこのガラス碗も、かつてペルシャの王宮に仕えたガラス職人の手によって、首都近郊のガラス工房で作

り出された特別な品だったのかもしれませんが。

6. おわりに

本研究の蛍光X線分析によって、奈良の古墳から出土したガラス碗が、今から1,500年以上前にペルシャ帝国で作られ、数千kmに及ぶシルクロードの旅を経て、はるばる日本へもたらされたものであることが、化学的に実証されました。このように、X線を用いた化学分析によって、文化財に刻まれた目に見えないたくさんさんの情報を読み取り、起源などを考察することが可能となります。

こうした文理融合型の研究は、筆者ら化学者だけの力ではなく、考古学者の協力があって初めて実現するものです。本研究では、岡山市立オリエンタ美術館学芸員の四角隆二氏から多くの助言を賜りました。記して謝意を表します。また、貴重なガラス碗の破片を分析する機会を与えてくださった、国立科学博物館の若林文高先生に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 深井晋司, ペルシアのガラス, 東京新聞出版局 (1983)
- 2) 由水常雄, ガラスと文化 その東西交流, NHK出版 (1997)
- 3) 谷一尚, ガラスの考古学, 第2版, 同成社 (2007)
- 4) 中井泉, 古代文化財の謎をとく—X線で見えてくる昔のこと—, 東京理科大学近代科学資料館 (2013)
- 5) 阿部善也, 古代ガラス—色彩の饗宴—, Miho Museum, pp.265-277 (2013)
- 6) 奈良県立橿原考古学研究所, 新沢千塚 126号墳, 奈良県教育委員会 (1977)
- 7) 小田幸子, 新沢千塚 126号墳, 奈良県教育委員会, pp.84-90 (1977)
- 8) 白瀧絢子, 中井泉, 国立科学博物館研究報告 E類: 理工学, **34**, 61-71 (2011)
- 9) Mirti, P., Pace, M., Malandrino, M., and Negro Ponzi, M., *J. Archaeol. Sci.*, **36**, 1061-1069 (2009)

(東京理科大学)