

Nara Women's University Digital Information Repository

Title	古墳時代前期のナトロンガラス
Author(s)	大賀, 克彦; 田村, 朋美
Citation	古代学 (奈良女子大学古代学学術研究センター), 第7号, pp.1-11
Issue Date	2015-03-31
Description	
URL	http://hdl.handle.net/10935/4137
Textversion	publisher

This document is downloaded at: 2016-07-21T03:54:48Z

古墳時代前期のナトロンガラス

大賀 克彦 (奈良女子大学) 田村 朋美 (奈良文化財研究所)

はじめに

ガラスは、古代より最も広域的な流通が認められる考古資料である。古代の日本列島で出土する多数のガラス製品も、その多くが対外交渉によって獲得されたものである。すなわち、日本列島におけるガラスの流通には、地球規模における財の流通システムの様相と、日本列島内部における各地域集団の対外交渉の指向性が反映されている。一方、ガラスは考古学と分析科学の協業が目覚ましい成果を挙げてきた研究対象でもある。以上の点を念頭に置きながら、本稿では古墳時代前期の日本列島で流通したナトロンガラスを対象とした調査の結果と、その考古学的含意について報告する。

1. ナトロンガラスの認識と細分研究

ナトロンガラスとは、ソーダを融剤とするガラスの中で、ソーダ原料としてナトロンを使用して製造されたものである。ナトロンとは、乾燥地帯で生成される蒸発塩の一種で、Natron ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) や Trona ($\text{Na}_3(\text{CO}_3)(\text{HCO}_3) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) といった鉱物の混合物である (Shortland et al. 2006)。エジプトの Wadi Natrun が古くから知られた産地であり、洗剤や防腐剤としても使用されてきた (プリニウス『博物誌』第 31 巻・第 36 巻)。

ナトロンガラスの認識は Sayre や Smith の研究に始まる (Sayre and Smith 1961, Sayre 1965)。彼らはヨーロッパや西アジアで出土した紀元前 15 世紀から紀元後 12 世紀のガラスの材質を分析し、そのほとんどがソーダガラスで、酸化マグネシウム (MgO) および酸化カリウム (K_2O) の含有量の多寡によって材質が大きく二分されることを確認した。さらに、 MgO および K_2O の含有量が少ないソーダガラスに関しては、ソーダの原料としてナトロンが使用されていることが指摘され (Sayre and Smith 1974)、ナトロンガラスと呼称されていく。ちなみに、 MgO および K_2O の含有量が多いソーダガラスに関しては、ソーダの原料として植物灰が使用されていることから植物灰ガラスと呼称される。

ナトロンガラスと植物灰ガラスの区分は、一般的に MgO および K_2O の含有量 1.5% を指標として行われる。また、ナトロンガラスは紀元前 7 世紀から後 9 世紀の地中海世界に特徴的に出現し、ローマンガラスのほとんどが該当することや、アンチモンやマンガンによる消色技法の適用状況など (Sayre 1963)、基本的な理解の枠組みが提示された。

その後、ナトロンガラス内部における材質の変異から細分研究が試みられる。特に 2000 年頃以降は、LA-ICP-MS 分析法の普及もあって材質データが爆発的に増大し、Levantine I、Levantine II、HIMT、Egyptian I、Egyptian II といった様々なタイプが設定された (Mirti et al. 1993、Freestone et al. 2000・2005、Baxter et al. 2005、Jackson 2005、Foster and Jackson 2009・2010 など)。また、微量元素や同位体比の分析から、それぞれのタイプの生産地についても検討されている。

ナトロンガラスの材質研究は現在進行中で帰趨が確定していないため、本稿に関わる知見にのみ簡単に触れておく。まず、ナトロンガラスの流通量は紀元後 1 世紀になると激増する。このことは、吹きガラス技法の考案といった製作技法上の革新のみから説明することは難しい。製品としては、意図的な着色が行われていないガラス (“Colourless” もしくは “Naturally Coloured”) による容器類の製作が中心で、こうした無色もしくは淡い色調のガラスを製造するためにアンチモンやマンガンによる消色技法がしばしば適用される⁽¹⁾。1～2 世紀頃のナトロンガラスは材質的な斉一性が顕著で、酸化カルシウム (CaO) や酸化アルミニウム (Al_2O_3) の含有量が特に少なく、一般的にアンチモンによって消色されるという特徴を共有する。それに対して、時期が新しいナトロンガラスでは CaO および Al_2O_3 の含有量が多い種類 (Levantine I、Levantine II など)、珪素原料の不純物に由来する MgO 、 Fe_2O_3 、 MnO 、 TiO_2 の含有量が多い種類 (HIMT) などの多様性が認められる。また、Levantine I タイプの一部がマンガンで消色され

るほかは、消色技法が適用されない。こうした新相のナトロンガラスは、Levantine I や HMT が 4 世紀には出現していると考えられているが (Freestone et al. 2000, Foster and Jackson 2009)、アンチモンで消色された古相のナトロンガラスからの移行過程に関しては明確さを欠く。

2. 日本列島出土のナトロンガラス

日本考古学のコンテクストにおいて、ナトロンガラスが認識されたのは、ごく最近のことである。日本列島出土のガラス製品に関しても、かなり古くから材質の調査が行われてきた。しかし、データは散発的に公表されるだけで、数も少なく、分析方法の不統一も相俟って、体系化は困難であった。ガラスの材質調査を主導してきた山崎一雄の総括においても、「アルカリ石灰ガラス」は「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」に大別されるだけで、「ソーダ石灰ガラス」における材質的多様性は体系化されていない (山崎 1987)。

日本列島出土の資料から、はじめて「ソーダ石灰ガラス」の細分を行ったのは肥塚 (1995) である。肥塚は、蛍光 X 線分析法を採用して一気に 1000 点以上の分析データを追加し、ガラスの材質の多様性を検討した。その結果、「ソーダ石灰ガラス」を Al_2O_3 の含有量が少なく CaO の含有量が多い「低アルミナ高石灰タイプ」 ($Na_2O-CaO-SiO_2$ 系) と、 Al_2O_3 の含有量が多く CaO の含有量が少ない「高アルミナ低石灰タイプ」 ($Na_2O-Al_2O_3-CaO-SiO_2$ 系) に区分した⁽²⁾。ただし、肥塚の「低アルミナ高石灰タイプ」はナトロンガラスと植物灰ガラスをともに包含しており、最も基本的な区分が導入されていない。その原因としては、当時の蛍光 X 線分析法による非破壊分析では、区分の指標として重要な成分、特に MgO 含有量の測定値の精度が充分ではない可能性が懸念されたことや、日本列島出土品では植物灰ガラスに対してナトロンガラスが圧倒的に少ない点などが想定される。

肥塚による材質研究を参照した筆者らも、「ソーダ石灰ガラス」⁽³⁾を「低アルミナタイプ」と「高アルミナタイプ」に二分するという枠組みを継承していた (大賀 2002 b)。しかし、2008 年に大阪府風吹山古墳から出土したガラス小玉の材質調査を行う中で、 MgO およ

び K_2O の含有量が非常に少ない一群が存在することを確認し、日本列島出土のガラス製品の材質研究においてもナトロンタイプのソーダガラス (ナトロンガラスと略称) と植物灰タイプのソーダガラス (植物灰ガラスと略称) の区分が可能かつ必須であることを認識した (肥塚ほか 2010)⁽⁴⁾。同時に、既発表の材質分析値において事後的にナトロンガラスと認定できたものは千葉県小田部古墳出土のコバルト着色の小玉 (小田 1972) と、島根県西谷墳墓群から出土した淡青色不透明の管玉 (三浦・渡辺 1988, 独立行政法人奈良文化財研究所 2006) が存在する程度であることも判明した。

また、風吹山古墳出土品の調査を行う中で、ナトロンガラスは引き伸ばし法によって製作されたインド・パシフィックビーズではなく、包み巻き法、連珠法、リング状の巻き付け法、融着法という少数派の製作技法によるコバルト着色の小玉にのみ出現することが注目された。このことを手掛かりとして、目視による観察のみからでも、ナトロンガラスであると推定される資料を正確に抽出できるようになった。そして、日本列島におけるナトロンガラスの流通状況を明確にするため、蓋然性の高い資料の集中的な調査を行った (斎藤・田村 2013, 田村 2012・2013 a・2013 b)⁽⁵⁾。

日本列島出土のナトロンガラスの流通状況に関して、現在までの知見を整理すると次の通りである。まず、ナトロンガラスは弥生時代後期後半～終末期 (2 世紀) と古墳時代中期前半 (5 世紀前半) に集中して流入する⁽⁶⁾。製品としては、コバルト着色で比較的大型のガラス小玉が多く、他に管玉や重層ガラス玉が存在する。小玉の場合、製作技法は包み巻き法、連珠法、リング状の巻き付け法、融着法で、引き伸ばし法で製作されたインド・パシフィックビーズに包含されるものは存在しない。また、弥生時代後期後半～終末期に流入する小玉は材質や製作技法が特に斉一的で⁽⁷⁾、すべてアンチモンを含有する。コバルトで強く着色している以上、消色技法の適用は無意味である。おそらく、アンチモンで消色されたナトロンガラスが異なる加工地においてコバルトで着色されたものと考えられる。また、当該期のナトロンガラス製の小玉は広島県矢谷 D 遺跡 2 号方形周溝墓例を除いて、すべて関東周辺の東日本で出土し⁽⁸⁾、ガラス小玉の出土数が最も多い北部九州

周辺で1点も発見されない点は、ガラス製品の流通における地域性(大賀 2003)と関連して注目すべきである。一方、古墳時代中期前半に流入するナトロンガラスは製作技法が多様化し、材質の変異も認められる可能性が高いが、この点に関してはさらに検討を必要とする。風吹山古墳出土の包み巻き法によって製作された小玉の一部のみマンガンを消色されている可能性が残るが、基本的に消色剤の添加は認められない。分布も畿内を中心とした西日本に多い。

以上のように、弥生時代後期後半～終末期のナトロンガラスと古墳時代中期前半のナトロンガラスは、ガラスの種類に関して明確な相違が存在し、流通状況も変化する。両者の間に古墳時代前期という200年近い空白期を挟む点も注目される。また、ナトロンガラスの中心である地中海世界の資料と比べると、容器ではなくモノトーンの小さな小玉であることや、コバルトによって濃い色調に着色されているといった相違が認められる。一方で、弥生時代後期後半～終末期に流入するナトロンガラスは、同時期の地中海世界で流通しているナトロンガラスと材質や消色技法の適用に関して明らかに共通している。古墳時代中期前半に流入するナトロンガラスが、近接した時期に流通している Levantine I もしくは HIMT に対応させられるかはさらに検討を必要とするが、地中海世界におけるナトロンガラスの材質変化が比較的速やかに日本列島出土品にまで反映される可能性が想定される点は注目しなければならない。

最近では、筆者ら以外にも、日本列島出土のガラス製品をナトロンガラスと認定する見解がいくつか公表されている。ただし、この中にはナトロンガラスへの帰属認定に疑問が残る事例が散見される。例えば、松崎ほか(2012)は熊本県下扇原遺跡から出土した「ソーダ石灰ガラス」2点⁽⁹⁾をナトロンガラスと認定している。銅と人工顔料である錫酸鉛(PbSnO₃)で複合的に着色された黄緑色不透明を呈する。確かにこの2点はMgOおよびK₂Oの含有量が少なく、この基準ではナトロンガラスの範囲にふくまれる。しかし、CaOの含有量が少なく、地中海世界において流通するナトロンガラスとは異なっている。筆者らは、材質だけではなく、添加された着色剤や製作技法を総合的に考慮して、

当該資料をプロト高アルミナタイプのソーダガラスとして区別する。プロト高アルミナタイプは弥生時代後期中葉～終末期に限って流通が認められるので、時的にも整合的である⁽¹⁰⁾。プロト高アルミナタイプは、インドや東南アジア出土のガラスの研究において“*Arik Glass*”(Lankton and Dussubieux 2006)もしくは“*Arika Composition*”(Dussubieux and Gratuze 2013)と呼称される材質に対比される可能性を考慮している。

一方、白瀧ほか(2012)は熊本県下の古墳から出土したコバルト着色の「ソーダ石灰ガラス」について、融剤として天然ソーダ(ナトロン)を使用するものと植物灰を使用するものの2種類に区分した。前者に対して「ナトロンガラス」という用語自体は使用されていないが、事実上、ナトロンガラスと認定されているものと理解される。確かに、これらの資料群はMgOおよびK₂Oの含有量がともに1.5%以下で、基準値からはナトロンガラスの範囲にある。しかし、MgO<K₂Oという傾向が明確で、K₂Oの含有量は1.0%を超えるものが過半を占める。また、CaOの含有量がやや少ないという特徴を持つ⁽¹¹⁾。筆者らによるソーダガラスの材質分類ではナトロン主体タイプ⁽¹²⁾のソーダガラスに該当する。ナトロン主体タイプは、インドや東南アジア出土のガラスの研究において“*mNC*”(Lankton and Dussubieux 2006)もしくは“*m-Na-Ca-Al*”(Dussubieux and Gratuze 2013)と呼称される材質に対比される可能性を考慮している。ちなみに、典型的なナトロンガラスとは異なり、日本列島で出土するナトロン主体タイプはすべて引き伸ばし法で製作されたモノトーンの小さな小玉、すなわちインド・パシフィックビーズである。添加される着色剤もすべてコバルトで、中アルミナタイプのカリガラス等と共通した不純物として多量のマンガンを付随する種類が使用されている(Oga and Tamura 2013)。

同様に、柳瀬ほか(2014)は宮崎県下で出土したガラス玉「150点」の材質分析を行い、多量のマンガンを付随するコバルトで着色された「5点」をナトロンガラスと判断している⁽¹³⁾。このうち、市ノ瀬1号地下式横穴墓および宮ノ前第2遺跡から出土した各1点は、前記の例と同様なナトロン主体タイプのソーダガラス

である。一方、大萩遺跡D-5区から出土した2点は Al_2O_3 の含有量が多く、高アルミナタイプのソーダガラスに該当する。

このように、ナトロンガラスとして言及された資料のほとんどは、地中海世界に由来するナトロンガラスではない。プロト高アルミナタイプ、ナトロン主体タイプ、高アルミナタイプに関しても、ソーダの原料としてナトロンもしくはナトロンと類似した蒸発塩が使用された可能性は否定できないが、典型的なナトロンガラスとは区別して取り扱うことが重要である。弥生時代後期後半～古墳時代前期に比定される真正のナトロンガラスは非常に少なく、注8に列挙した事例と次に述べる古墳時代前期の事例を除けば、島根県西谷3号墓および2号墓から出土したガラス管玉が指摘される程度である。古墳時代中期以降においてはもう少し事例が多いが、目視による認定が困難な個体も存在するので、詳細は今後の課題とする⁽¹⁴⁾。

3. 分析資料の概要

日本列島におけるナトロンガラスの流通は弥生時代後期後半～終末期と古墳時代中期前半に集中し、古墳時代前期という空白期が残る。ただし、古墳時代前期においてもナトロンガラスと推定されるガラス小玉がごく少量のみ存在する。すなわち、大分県免ヶ平古墳例と奈良県双築1号墳例である。前期古墳から出土したガラス小玉をすべて実見しているわけではないため、他の事例が絶無ということではできないが、それぞれの調査報告書を参照しても、候補となる事例は見出せず、少なくとも複数点がまとまって出土した事例は網羅していると考えられる。そこで、これらの古墳時代前期に比定されるナトロンガラスの材質を調査し、既知のナトロンガラスとの比較を行う。最初に、候補となる事例と出土遺構の時期比定の根拠について概要を示す。

免ヶ平古墳第1主体からはガラス小玉が1674点以上出土した(宇佐風土記の丘歴史民俗資料館1986)。報文では「ガラス玉」19点と「ガラス小玉」1655点に区分されている。欠損のため総数は不確実である。遺存状況が悪く全点の観察は不可能であったが、目視による観察では、このうち「ガラス玉」19点がナトロンガラスであると推定される。気泡が乏しく、製作技法

は包み巻き法もしくは連珠法のいずれかと推定されるが、判断が難しい。表面は風化によって変色した部位が多いが、本来は紺色透明を呈する。分析対象は8点で、小片については同一個体の可能性を完全には否定できない。仿製I段階(大賀2002a・2013)の三角縁神獸鏡、様相3(大賀2013)の石釧のほか豊富な副葬品が共伴し、前V期の典型的な様相を示す。

双築1号墳ではガラス小玉が50点以上出土したと報告されている(財団法人 桜井市文化財協会2007)。欠損のため総数は不確実である。目視による観察ではすべてナトロンガラスと推定される。製作技法、色調、遺存状況は免ヶ平古墳例と同様である。分析対象は60点で、小片については同一個体の可能性を完全には否定できない。墳丘には埴輪が樹立され、有黒斑であるが、時期比定の決め手となるだけの資料は得られていない。若干の鉄器類と鉄釧、堅櫛、管玉が共伴する。管玉9点のうち6点は細長形の規格を持つ畿内系の緑色凝灰岩製であることから、前VII期もしくは中I期に比定される。

4. 材質分析の結果

材質分析の結果は表1にまとめた⁽¹⁵⁾。分析の方法は既発表の各例と同様である。また、ソーダガラスの材質を細分する際の指標となる MgO と K_2O 、 CaO と Al_2O_3 の含有量を図1にプロットした。また図1には、比較のため、弥生時代後期後半～終末期の墳墓から出土した古相のナトロンガラスと、古墳時代中期前半の古墳から出土した新相のナトロンガラスの分析結果も併せてプロットした。

まず、免ヶ平古墳例および双築1号墳例ともすべて MgO と K_2O の含有量が1.5%以下の範囲にまとまり、 CaO の含有量は5.5%以上と比較的多いことから、まさにナトロンガラスであると認定することができる。両例とも MgO と K_2O 、 CaO と Al_2O_3 の含有量の変異は小さく、数点(免ヶ平古墳丸玉1・丸玉破片5、双築1号墳No.34)が少し離れてプロットされる他は、極めて凝集的である。ナトロンガラスの中では CaO および Al_2O_3 の含有量が比較的少ない。着色剤としては0.05～0.12%の CoO が検出され、色調と整合的に対応している。0.14～0.30%の CuO や0.03～0.17%の PbO が検出され、コ

表1. 免ヶ平古墳および双築1号墳出土ナトロンガラスの化学組成

遺跡名	分析番号	重 量 濃 度 (%)															
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CoO	CuO	PbO	Rb ₂ O	SrO	ZrO ₂	Sb ₂ O ₃
免ヶ平古墳	丸玉1	15.4	1.0	2.6	70.0	0.9	6.3	0.11	0.03	1.25	0.09	0.21	0.17	0.03	0.04	0.13	1.67
免ヶ平古墳	丸玉2	17.4	0.8	2.4	69.0	0.6	6.6	0.09	0.03	1.08	0.10	0.17	0.05	0.01	0.03	0.16	1.45
免ヶ平古墳	丸玉3	15.3	0.8	2.5	70.6	0.8	6.2	0.11	0.03	1.20	0.08	0.22	0.12	0.01	0.03	0.06	1.95
免ヶ平古墳	丸玉4	12.4	1.1	2.9	72.9	0.7	6.5	0.12	0.03	1.23	0.09	0.23	0.14	0.02	0.05	0.16	1.43
免ヶ平古墳	丸玉5	16.9	0.6	2.3	70.1	0.7	6.1	0.10	0.04	1.16	0.08	0.20	0.09	0.02	0.05	0.00	1.71
免ヶ平古墳	丸玉破片1	16.1	0.7	2.4	70.8	0.7	6.0	0.11	0.03	1.13	0.07	0.20	0.11	0.01	0.05	0.11	1.46
免ヶ平古墳	丸玉破片2	16.5	0.9	2.5	70.6	0.7	5.9	0.10	0.04	1.10	0.07	0.20	0.08	<0.01	0.04	0.09	1.28
免ヶ平古墳	丸玉破片5	12.6	1.0	3.6	73.4	0.7	6.1	0.12	0.04	1.21	0.08	0.21	0.07	0.01	0.04	0.10	0.73
双築1号墳	No.14	18.5	0.7	2.2	68.7	0.7	5.9	0.10	0.03	1.11	0.06	0.20	0.07	0.01	0.04	0.07	1.69
双築1号墳	No.15	18.1	0.8	2.4	68.6	0.7	5.9	0.10	0.03	1.09	0.07	0.20	0.07	0.01	0.03	0.06	1.90
双築1号墳	No.16	19.1	0.7	2.3	67.6	0.7	5.8	0.10	0.04	1.14	0.06	0.21	0.11	0.01	0.04	0.17	2.00
双築1号墳	No.17	18.2	0.8	2.2	69.0	0.6	6.2	0.07	0.02	1.18	0.11	0.15	0.03	0.02	0.05	0.11	1.30
双築1号墳	No.18	17.8	0.6	2.1	69.1	0.7	5.9	0.11	0.02	1.12	0.06	0.21	0.11	0.01	0.04	0.11	1.98
双築1号墳	No.19	18.3	0.9	2.4	68.6	0.6	5.7	0.10	0.04	1.25	0.08	0.26	0.08	0.01	0.03	0.04	1.73
双築1号墳	No.20	18.2	0.7	2.3	68.7	0.7	5.9	0.10	0.03	1.11	0.06	0.20	0.12	0.01	0.05	0.00	1.89
双築1号墳	No.21	17.8	0.6	2.2	69.6	0.6	6.4	0.08	0.03	1.02	0.08	0.16	0.05	0.02	0.04	0.03	1.35
双築1号墳	No.22	18.6	0.8	2.3	68.1	0.7	5.9	0.11	0.03	1.09	0.06	0.20	0.10	0.00	0.04	0.07	1.90
双築1号墳	No.23	19.2	1.0	2.4	67.3	0.7	5.8	0.10	0.04	1.08	0.06	0.20	0.10	0.01	0.04	0.06	1.97
双築1号墳	No.24	16.0	0.8	2.4	70.5	0.7	6.0	0.11	0.03	1.15	0.07	0.21	0.09	0.02	0.03	0.08	1.83
双築1号墳	No.25	17.5	0.6	2.4	68.9	0.8	6.0	0.10	0.04	1.16	0.07	0.21	0.08	0.01	0.02	0.14	1.94
双築1号墳	No.26	17.7	0.8	2.3	69.3	0.6	6.3	0.08	0.04	1.02	0.08	0.15	0.04	0.01	0.05	0.13	1.28
双築1号墳	No.27	17.2	0.7	2.3	69.5	0.7	5.9	0.11	0.03	1.11	0.07	0.20	0.09	0.03	0.05	0.07	2.00
双築1号墳	No.28	18.5	0.7	2.3	68.2	0.7	5.8	0.10	0.02	1.09	0.06	0.20	0.08	0.01	0.04	0.11	1.99
双築1号墳	No.29	17.7	0.6	2.2	69.2	0.7	5.9	0.10	0.03	1.12	0.07	0.20	0.10	0.01	0.04	0.12	1.92
双築1号墳	No.30	17.7	0.7	2.3	69.1	0.7	5.9	0.09	0.03	1.10	0.06	0.20	0.10	0.01	0.04	0.06	1.86
双築1号墳	No.31	18.4	0.7	2.2	69.0	0.6	6.3	0.08	0.02	1.00	0.08	0.15	0.05	0.01	0.03	0.07	1.37
双築1号墳	No.32	17.7	0.8	2.3	68.7	0.7	6.0	0.11	0.03	1.14	0.07	0.21	0.13	0.01	0.04	0.09	1.98
双築1号墳	No.33	18.0	0.6	2.2	69.5	0.6	6.3	0.09	0.03	1.00	0.08	0.16	0.06	0.01	0.03	0.03	1.33
双築1号墳	No.34	17.8	0.9	2.5	67.6	0.7	7.1	0.12	0.03	1.42	0.12	0.18	0.05	0.00	0.04	0.07	1.35
双築1号墳	No.35	18.9	1.0	2.2	67.8	0.7	5.8	0.11	0.03	1.11	0.06	0.20	0.09	0.01	0.04	0.03	1.97
双築1号墳	No.36	17.5	0.5	2.3	69.5	0.6	6.5	0.09	0.03	1.13	0.08	0.14	0.04	0.01	0.03	0.11	1.39
双築1号墳	No.37	18.4	0.7	2.3	68.5	0.7	5.9	0.10	0.03	1.11	0.07	0.20	0.09	0.00	0.03	0.05	1.86
双築1号墳	No.38	16.5	0.8	2.3	70.1	0.7	6.1	0.10	0.03	1.09	0.06	0.20	0.10	0.01	0.04	0.03	1.91
双築1号墳	No.39	19.1	0.8	2.3	67.7	0.7	5.9	0.10	0.03	1.09	0.07	0.20	0.08	0.02	0.04	0.09	1.76
双築1号墳	No.40	16.8	0.7	2.6	69.5	0.7	6.1	0.10	0.03	1.14	0.06	0.21	0.08	0.02	0.03	0.06	1.97
双築1号墳	No.41	17.9	0.7	2.3	68.8	0.7	6.7	0.08	0.03	1.01	0.08	0.17	0.06	0.01	0.05	0.08	1.39
双築1号墳	No.42	18.3	0.9	2.3	68.1	0.7	5.9	0.11	0.04	1.10	0.06	0.19	0.11	0.01	0.04	0.11	2.02
双築1号墳	No.43	17.2	0.8	2.3	69.3	0.7	6.1	0.12	0.04	1.15	0.07	0.23	0.10	0.02	0.02	0.10	1.86
双築1号墳	No.44	16.8	0.9	2.5	69.3	0.7	6.1	0.12	0.02	1.14	0.06	0.21	0.11	0.02	0.04	0.08	2.06
双築1号墳	No.45	18.6	0.9	2.3	67.9	0.7	5.8	0.10	0.02	1.10	0.07	0.20	0.11	0.02	0.04	0.03	2.03
双築1号墳	No.46	18.2	0.9	2.3	68.5	0.7	5.8	0.08	0.03	1.10	0.06	0.20	0.10	0.01	0.04	0.06	1.97
双築1号墳	No.47	17.7	0.8	2.3	68.7	0.7	5.9	0.11	0.03	1.12	0.07	0.20	0.12	0.01	0.03	0.13	2.00
双築1号墳	No.48	18.5	0.9	2.4	68.0	0.7	5.8	0.10	0.03	1.09	0.06	0.20	0.09	0.02	0.04	0.06	2.04
双築1号墳	No.49	18.3	0.9	2.4	68.2	0.7	5.8	0.11	0.03	1.10	0.06	0.20	0.10	0.00	0.02	0.10	1.98
双築1号墳	No.50	17.6	0.8	2.3	69.3	0.6	5.7	0.10	0.04	1.34	0.09	0.30	0.09	0.01	0.06	0.04	1.64
双築1号墳	No.51	18.2	0.7	2.3	68.5	0.7	5.9	0.10	0.04	1.13	0.07	0.20	0.11	0.00	0.02	0.11	1.95
双築1号墳	No.52	18.3	1.0	2.4	68.1	0.7	5.8	0.11	0.03	1.09	0.06	0.20	0.12	0.01	0.03	0.09	1.97
双築1号墳	No.53	17.7	0.9	2.3	69.0	0.7	5.8	0.10	0.03	1.11	0.05	0.21	0.11	0.00	0.02	0.12	1.83
双築1号墳	No.55	18.3	1.0	2.4	68.1	0.7	5.9	0.10	0.04	1.12	0.06	0.21	0.10	0.02	0.03	0.12	1.86
双築1号墳	No.56	19.0	0.9	2.4	68.0	0.7	5.8	0.10	0.02	1.07	0.05	0.19	0.10	0.02	0.03	0.04	1.72
双築1号墳	No.57	18.6	0.7	2.3	68.1	0.7	5.8	0.10	0.03	1.07	0.06	0.20	0.11	0.01	0.04	0.09	2.02
双築1号墳	No.58	18.4	0.7	2.3	68.4	0.7	5.8	0.09	0.03	1.09	0.06	0.20	0.13	0.02	0.04	0.17	1.96
双築1号墳	No.59	18.4	0.8	2.3	68.3	0.7	5.9	0.10	0.02	1.11	0.05	0.20	0.12	0.01	0.03	0.12	1.85
双築1号墳	No.60	17.3	0.8	2.4	69.3	0.7	6.0	0.10	0.03	1.14	0.06	0.20	0.09	0.01	0.03	0.00	1.91
双築1号墳	No.61	17.7	0.6	2.4	69.2	0.7	5.9	0.11	0.03	1.12	0.06	0.21	0.11	0.01	0.04	0.08	1.74
双築1号墳	No.62	18.1	0.8	2.4	68.6	0.7	5.8	0.12	0.02	1.09	0.06	0.21	0.10	0.00	0.04	0.10	1.93
双築1号墳	No.63	18.5	0.9	2.3	68.0	0.7	5.9	0.10	0.02	1.11	0.06	0.21	0.11	0.00	0.04	0.00	2.02
双築1号墳	No.64	15.4	0.8	2.4	70.9	0.8	6.3	0.11	0.05	1.17	0.07	0.22	0.08	0.00	0.03	0.08	1.62
双築1号墳	No.65	17.9	1.0	2.3	69.1	0.6	6.3	0.09	0.03	0.98	0.08	0.16	0.05	0.01	0.04	0.08	1.35
双築1号墳	No.66	17.9	0.7	2.2	69.6	0.7	5.9	0.10	0.03	1.07	0.06	0.20	0.12	0.01	0.03	0.17	1.21
双築1号墳	No.67	17.6	0.7	2.4	69.1	0.7	5.9	0.10	0.04	1.13	0.07	0.21	0.11	0.01	0.03	0.08	1.83
双築1号墳	No.68	18.5	1.0	2.3	68.4	0.7	5.8	0.10	0.04	1.10	0.06	0.20	0.10	0.00	0.03	0.06	1.67
双築1号墳	No.69	18.0	0.8	2.3	68.4	0.7	6.1	0.12	0.03	1.13	0.06	0.21	0.12	0.00	0.02	0.11	1.92
双築1号墳	No.70	18.7	0.9	2.4	68.2	0.6	6.2	0.07	0.03	1.21	0.11	0.17	0.05	0.01	0.04	0.15	1.27
双築1号墳	No.71	18.7	0.8	2.2	68.4	0.7	5.8	0.11	0.03	1.08	0.06	0.20	0.10	0.00	0.04	0.05	1.63
双築1号墳	No.72	18.1	0.7	2.2	69.8	0.7	5.8	0.10	0.03	1.09	0.06	0.19	0.07	0.01	0.05	0.04	1.17
双築1号墳	No.73	18.5	0.7	2.2	68.7	0.7	5.8	0.10	0.03	1.10	0.06	0.20	0.10	0.03	0.05	0.08	1.50
双築1号墳	No.74	18.8	1.0	2.4	68.1	0.7	5.9	0.10	0.03	1.10	0.06	0.20	0.11	0.01	0.02	0.11	1.39

パルト原料に由来する不純物であると推定される。また、0.73～2.06%と比較的多くの Sb_2O_3 がすべての個体に含有される点を著しい特徴とする。このアンチモンはもともと消色剤として添加されたものと考えられるが、コバルトによって濃い色調に着色されているので、消色は解除されている。以上の点に関して、免ヶ平古墳例と双築1号墳例の間に材質的相違は認められない。

図1では、古相のナトロンガラスとして大山台5号方形周溝墓例（4点）、御茶屋通遺跡第3地点1号方形周溝墓例（3点）（田村2012）、矢谷D遺跡2号方形周溝墓例（3点）（田村2013b）、小田部古墳例（9点）（斎藤・田村2013）をプロットした。大山台5号方形周溝墓例および小田部古墳例の MgO と K_2O 、 CaO と Al_2O_3 の含有量は免ヶ平古墳例および双築1号墳例と完全に重複している。御茶屋通遺跡例および矢谷D遺跡例はプロットが分散的で、風化の影響を受けているものと考えられる。着色剤に由来する成分やアンチモンの含有に関して共通の特徴を具備する。

一方、新相のナトロンガラスとしては、京都府宇津久志1号墳例（3点）（田村2013a）と広島県国成古墳例（8点）をプロットした⁽¹⁶⁾。製作技法は宇津久志1号墳例がリング状の巻き付け法、国成古墳例が包み巻き法で、上記の各例とは異なっている。古相のナトロンガラスと比較すると一定の材質的相違が認められる。すなわち、宇津久志1号墳例は MgO の含有量が多く、 K_2O の含有量が少ない一方で⁽¹⁷⁾、国成古墳例は CaO の含有量が多いという特徴を具備する。また、すべて同様にコバルトで着色された紺色透明を呈し、コ

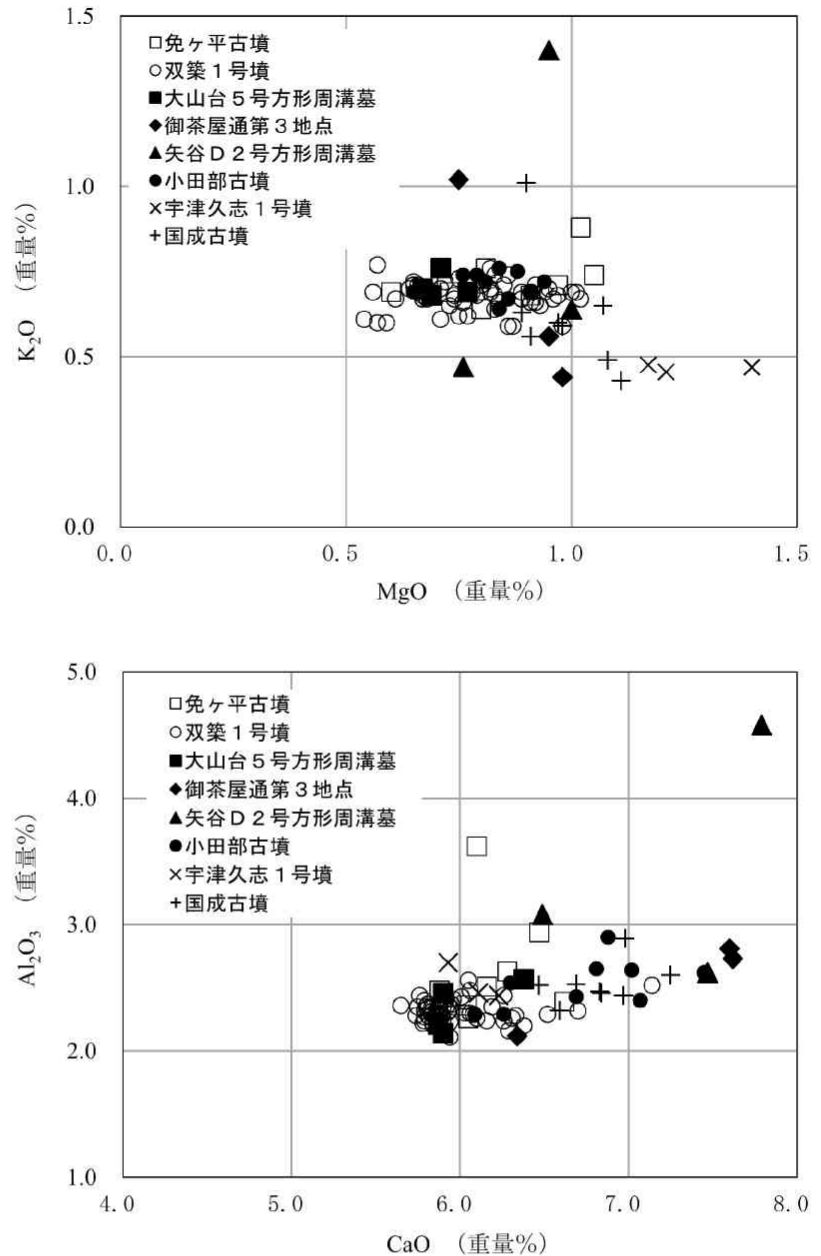


図1. ナトロンガラスにおける材質の比較

パルト原料に付随すると推定される少量の銅や鉛が検出されるが、 PbO の含有量が多めである。また、アンチモンが全く検出されない点でも異なっている。

以上の検討から、免ヶ平古墳例および双築1号墳例は、弥生時代後期後半～終末期の墳墓から出土した古相のナトロンガラスと同一の種類であると判断される。製作技法に由来する形状的な特徴からの判断とも整合的である。

5. 古墳時代前期におけるナトロンガラス出土の考古学的意義

本稿では、まず、古墳時代前期においても少量ながらナトロンガラスの出土例が存在することを確認し、材質の特徴を明らかにした。古墳時代前期のナトロンガラスは材質、着色剤の選択、製作技法に関して極めて斉一的である。ナトロンガラスの中では、CaO および Al_2O_3 の含有量が比較的少なく、アンチモンで消色されたガラスである点を顕著な特徴とする。すべてコバルトで紺色に着色されている。

ナトロンガラスとしての材質的特徴および適用される消色技法は、後1～2世紀の地中海世界において普遍的に流通しているナトロンガラスと共通する (Baxter et al. 2005、Jackson 2005、Foster and Jackson 2009・2010 など)。しかし、いずれもモノトーンの小さな小玉で、コバルトによって濃い色調に着色されている点は地中海世界のナトロンガラスとして一般的な特徴とは言えない。このことは、最初にガラスとして製造されたのが地中海世界であるとしても、着色や小玉への加工を行った工房が周辺地域に存在した可能性を想起させる。

一方、古墳時代前期のナトロンガラスは、弥生時代後期後半～終末期の墳墓から出土するナトロンガラスと全く同種であるのに対して、古墳時代中期前半のナトロンガラスとは異なっている。また、弥生時代後期後半～終末期および古墳時代中期前半の事例が時期的にも地域的にもまとまって出土する傾向を持つのに対して、古墳時代前期の事例は孤立的である。この点は、古墳時代前期のナトロンガラスが、製作からさほど時間の経過もなく、連続的に日本列島へと舶載されたものの一例というわけではないことを意味する。一方で、弥生時代後期後半～終末期の事例とは分布域が異なることから、弥生時代に流入したものが、所有者の個別的な事情による偶発的な長期保有に起因した伝世現象であると単純に考えることはできない。以上の判断が認められるならば、ナトロンガラスの流通に関わる地球規模の流通システムとの連結は、古墳時代前期においていったん途切れていることになる⁽¹⁸⁾。

以上の問題と関連して、注目すべき点が存在する。日本列島において流通するガラスの材質の時期的変遷

を概観した場合、基本的には新たな材質の断続的な出現が画期となっている (大賀 2002b、肥塚ほか 2010、Oga and Tamura 2013)。しかし、弥生時代終末期から古墳時代前期初頭(前I期)、および古墳時代前期末(前VII期)から中期初頭(中I期)、への変化は変則的なものである。すなわち、前者の画期と相前後して新たに出現する構成要素は、プロト高アルミナタイプのソーダガラスで連珠法によって製作された銅着色の小玉 (大賀 2002a におけるBSⅢ型) に限定されるのに対して、弥生時代後期前半に大量に流入していた高アルミナタイプのカリガラスが空白時期を挟んで大量に流通する。後者の画期に関しても、新相のナトロンガラスのように新出の種類も存在するが、中アルミナタイプのカリガラスやナトロン主体タイプのソーダガラスのように、一定の空白時期を挟んで再登場した種類が過半を占める。しかも、いずれの場合にも、再登場した種類については端面に顕著な研磨痕を残すものが一般的で、製作から一定の時間経過が想定されるのである。このような特異な伝世現象が発生した場所や、その後の流過程程に関しては未解決の問題であるが、本稿において注目したナトロンガラスの伝世現象と一体の事象であることは認められよう。すなわち、古墳時代前期のナトロンガラスは、ナトロンガラスの流通経路上のいずれかの地域において一定の滞留時間を経て、古墳時代前期、特に前期初頭前後に日本列島へと流入したものである蓋然性が最も高いと判断する⁽¹⁹⁾。

おわりに

以上、日本列島では古墳時代前期においても少数ながらナトロンガラスが出土していることを確認し、その材質的特徴を調査した。その結果、弥生時代後期後半～終末期に流入するナトロンガラスと、材質や製作技法が共通することが判明した。このことは、日本列島へのナトロンガラスの流入が連続的なものではなく、一定の空白時期を挟むことを意味しているとともに、特異で未解明の事情に起因した伝世現象の存在を示唆している。残された問題を解決するために、今後は、日本列島の周辺地域におけるナトロンガラスの流通状況について、比較研究を進めていきたいと思う。

謝辞

本稿の作成におきましては、桜井市教育委員会および大分県立歴史博物館から資料の調査と公表につきまして格別の御配慮を賜りました。文末になりましたが、厚く御礼申し上げます。

注

- (1) アンチモンに関しては消泡剤として添加された可能性も考慮される。本稿では、有色のガラスから検出されたアンチモンも消色剤であるとして記述しているが、将来的には修正が必要となるかもしれない。ただし、アンチモンと着色剤の添加が異なる工房で行われたであろうという本稿での推定には影響しない。
- (2) ちなみに、肥塚（1995）は主要な流通域から前者を「西方のガラス」、後者を「アジアのガラス」とも言及している。ただし、この対比の原形となったブリル（1993）の理解では、「アジアのガラス」によって鉛バリウムガラス、鉛ガラス、2種類のカリガラスを加えた計5種類を包括的に呼称している点に注意が必要である。肥塚（1995）では「アジアのガラス」にこれらの材質が含まれているか明記されていない。
- (3) アルカリ石灰ガラスを大別した材質を「カリガラス」と「ソーダ石灰ガラス」と呼称するのは、「カリガラス」の方がCaOの含有量が全体的に少ない傾向を持つからである。しかし、「ソーダ石灰ガラス」におけるCaOの含有量の変動は非常に大きく、「高アルミナタイプ」ではCaO含有量が「カリガラス」より必ずしも多いとは言えない。そのため、総称としては「ソーダガラス」を使用するよう変更した。
- (4) 現在は、ソーダガラスをナトロンタイプ（Group SI）、高アルミナタイプ（Group SII）、植物灰タイプ（Group SIII）、ナトロン主体タイプ（Group SIV）、プロト高アルミナタイプ（Group SV）の5つの材質に大別している（Oga and Tamura 2013）。
- (5) いくつかの資料に関しては、個別的分析結果の報告は行っていない。
- (6) 本稿における時期区分や時期表現は大賀（2002

a・2003・2013）に拠る。また、厳密に言えば、古墳時代中期前半（中Ⅰ期～中Ⅱ期）ではなく中Ⅰ期～中Ⅲ期で、植物灰タイプのソーダガラスの流入以前と考えることができる。

- (7) 弥生時代後期後半～終末期に流入する小玉の製作技法は1種類しか存在しない。包み巻き法もしくは連珠法であると推定されるが、典型的なものではない（斎藤 2012、斎藤・田村 2013）。製作技法の具体的な特定は本稿の議論において必須の前提ではないので、この問題には拘泥しない。
- (8) 千葉県小田部古墳（64点以上）、千葉県大山台5号方形周溝墓第2主体（4点）、神奈川県御茶屋通遺跡第3地点1号方形周溝墓（3点）、長野県篠ノ井遺跡新幹線地点211号円形周溝墓溝内埋葬（4点）、広島県矢谷D遺跡2号方形周溝墓（3点）である。小田部古墳は古墳時代前Ⅰ期に比定され、厳密には時期が少し新しいが、出土の意義を勘案してここに含める。また、篠ノ井遺跡例は日視による判断である。小田部古墳例は、現在、完形品の所在が不明で、破片のみを分析している。また、小田部古墳例は小田（1972）が調査した破片が別の場所に保管されており、中井泉らによって再調査が行われている（白瀧・中井 2011）。
- (9) 当該文献では明記されていないが、下扇原遺跡出土のガラス製品について網羅的な調査結果を報告した谷澤（2010）を参照すれば、4区S B 84および5区S B 108から出土した各1点である。ちなみに製作技法も巻き付け法と言及されているが、谷澤が報告するように、引き伸ばし法の誤認である。
- (10) 筆者らが調査した事例では、着色剤の選択や製作技法が共通し、材質が最も類似する資料として福岡県立石26号土壙墓例が挙げられるが、K₂Oの含有量は下扇原遺跡例よりもやや多い。
- (11) ただし、松崎ほか（2013）では佐賀県田代太田古墳から出土した同種のソーダガラスについて、使用された融剤を「植物灰？」と記載している。
- (12) 当該の材質のガラスに関しては、原料の種類についても十分な検討は行われていない。そのため、特定の原料を示唆する名称は必ずしも適切ではな

いが、便宜的なものとして御理解頂きたい。

- (13)ただし、同一個体が2回分析されているものはいくつか含まれており、分析された個体は150個体ではない。また、ナトロンガラスと判断された個体も実際には4個体である。
- (14)斎藤(2012)は、製作技法を手掛かりとしてナトロンガラスの可能性のある事例を列挙している。ただし、ここには遺漏が存在する。また筆者らは、千葉県島戸境1号墳例についてはナトロンガラスではない可能性が高いと考えている。
- (15)免ヶ平古墳例については、測定条件などの詳細と、「ガラス小玉」10点分の分析結果を併せて別稿で報告する予定である。
- (16)風吹山古墳例は詳細な再調査を行っている途中であることから、プロットから除外した。
- (17)図1では表示されていないが、宇津久志1号墳例は Fe_2O_3 、 MnO 、 TiO_2 の含有量が多い点を顕著な特徴とする。
- (18)Foster and Jackson(2010)は、リサイクルの過程でアンチモン消色のナトロンガラスとマンガン消色のナトロンガラスが混合され、アンチモンとマンガンが両方とも検出される資料が3~4世紀に増加することを指摘している。筆者らが古墳時代前期のナトロンガラスを調査した目的の一つは、こうした事例が日本列島においても出土するか否かを確認する点にあった。
- (19)今回取り上げた2事例は、古墳時代前期後葉(前V期)以降に比定されるにも関わらず、当該期に新出する高アルミナタイプのソーダガラス製で銅着色のガラス小玉を共伴しない。統計学的な有意性を保証できる事例数は確保できないが、西日本では当該の種類のガラス小玉が急速に普及することから、この背反性は有意であると推定している。このことは、古墳時代前期のナトロンガラスが、古墳の築造時期よりも一定程度溯って流入したという本稿での判断に調和的である。

参考文献

宇佐風土記の丘歴史民俗資料館 1986『免ヶ平古墳』(『宇佐風土記の丘歴史民俗資料館研究紀要』Ⅲ)

- 大賀克彦 2002 a 「凡例古墳時代の時期区分」『小羽山古墳群』(『清水町埋蔵文化財発掘調査報告書』V)
- 大賀克彦 2002 b 「日本列島におけるガラス小玉の変遷」『小羽山古墳群』(『清水町埋蔵文化財発掘調査報告書』V)
- 大賀克彦 2003 「紀元三世のシナリオ」『風巻神山古墳群』(『清水町埋蔵文化財発掘調査報告書』VII)
- 大賀克彦 2013 「前期古墳の築造状況とその画期」『第13 回播磨考古学研究集会の記録 前期古墳からみた播磨』
- 小田幸子 1972 「小田部古墳から出土したガラス玉の化学的研究」『古墳時代研究 I』
- 肥塚隆保 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』
- 肥塚隆保・田村朋美・大賀克彦 2010 「材質とその歴史の変遷」『月刊文化財』No.566
- 財団法人 桜井市文化財協会 2007 『桜井公園遺跡群』(『桜井市内埋蔵文化財 2002 年度発掘調査報告書』4)
- 斎藤あや 2012 「御茶屋通遺跡第3地点1号方形周溝墓出土のガラス小玉について」『上ノ山遺跡群御茶屋通遺跡第3地点』
- 斎藤あや・田村朋美 2013 「小田部古墳出土のガラス玉の再検討」『西相模考古』第22号
- 白瀧絢子・阿部善也・K. タンタラカーン・中井泉・池田朋生・坂口圭太郎・後藤克博・荒木隆宏 2012 「熊本県出土の古代ガラスの考古化学的研究」『考古学と自然科学』第63号
- 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化学的研究」『国立科学博物館研究報告 E類』第34巻
- 谷澤亜里 2010 「小野原遺跡群出土のガラス製品」『小野原遺跡群』(『熊本県文化財調査報告書』第257集)
- 田村朋美 2012 「御茶屋通遺跡方形周溝墓出土ガラス小玉の自然科学的調査」『上ノ山遺跡群御茶屋通遺跡第3地点』
- 田村朋美 2013 a 「宇津久志1号墳出土ガラス玉の自然科学的調査」『長岡京市埋蔵文化財発掘調査資料選(二)』

- 田村朋美 2013 b 「松ヶ迫矢谷遺跡出土ガラス小玉の考古学的研究」『奈良文化財研究所紀要 2013』
- 独立行政法人奈良文化財研究所 2006 「西谷 2 号墓出土ガラス遺物の科学調査」『西谷墳墓群 —平成 14 年～16 年度発掘調査報告書—』
- ブリル, R / 山崎一雄 (訳) 1993 「古代アジアガラスの科学的研究」『奈良国際シンポジウム'91 報告書』
- 松崎真弓・白瀧絢子・池田朋生・中井泉 2012 「ポータブル蛍光 X 線分析装置を用いた熊本県・茨城県出土古代ガラスの考古化学的研究」『X 線分析の進歩』 43
- 松崎真弓・白瀧絢子・池田朋生・中井泉 2013 「佐賀県鳥栖市出土の古代ガラスに関する考古化学的研究」『X 線分析の進歩』 44
- 三浦清・渡辺貞幸 1988 「山陰地方における弥生墳丘墓出土の玉材について」『島根考古学会誌』 第 5 号
- 柳瀬和也・松崎真弓・澤村大地・橋本英俊・東憲章・長濱功治・中井泉 2014 「宮崎県・鹿児島県から出土した古代ガラスの考古化学的研究」『X 線分析の進歩』 45
- 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
- Baxter, M. J., Cool, H. E. M., Jackson, C. M. 2005. Further Studies in the Compositional Variability of Colourless Romano-British Vessel Glass. *Archaeometry*, 47(1).
- Dussubieux, L., Gratuze, B. 2013. Glass in South Asia. in Janssens, K. (ed), *Modern Methods for Analysing Archaeological and Historical Glass*.
- Foster, H. E., Jackson, C. M. 2009. The Composition of 'Naturally Coloured' Late Roman Vessel Glass from Britain and the Implications for Models of Glass Production and Supply. *Journal of Archaeological Science*, 36.
- Foster, H. E., Jackson, C. M. 2010. The Composition of Late Romano-British Colourless Vessel Glass: Glass Production and Consumption. *Journal of Archaeological Science*, 37.
- Freestone, I. 2003. Primary Glass Sources in the Mid First Millennium AD. in *Annales du 15e Congres de l' Association Internationale pour l' Histoire du Verre*.
- Freestone, I., Gorin-Rosen, Y., Hughes, M. J. 2000. Primary Glass from Israel and the Production of Glass in Late Antiquity and the Early Islamic Period. *Travaux de la Maison de l' Orient Meditteraneen*, 33.
- Freestone, I., Wolf, S., Thirlwall, M. 2005. The Production of HIMT Glass: Elemental and Isotopic Evidence. in *Annales du 16e Congres de l' Association Internationale pour l' Histoire du Verre*.
- Jackson, C. M. 2005. Making Colourless Glass in the Roman Period. *Archaeometry*, 47(4).
- Lankton, J. W., Dussubieux, L. 2006. Glass in Asian Maritime Trade: A Review and an Interpretation of Compositional Analyses. *Journal of Glass Studies*, 48.
- Mirti, P., Casoli, A., Appolonia, L. 1993. Scientific Analysis of Roman Glass from Augusta Praetoria. *Archaeometry*, 35(2).
- 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 Yayoi-Kofun Period (3rd Century BCE-7th Century CE). *Journal of Indian Ocean Archaeology*, 9.
- Sayre, E. V. 1963. The Intentional Use of Antimony and Manganese in Ancient Glasses. in *Advances in Glass Technology*, Part 2.
- Sayre, E. V. 1965. Summary of the Brookhaven Program of Analysis of Ancient Glass. in *Application of Science in Examination of Works of Art*.
- Sayre, E. V., Smith, R. W. 1961. Compositional Categories of Ancient Glass. *Science*, 133.
- Sayre, E. V., Smith, R. W. 1974. Analytical Studies of Ancient Egyptian Glass. in *Recent Advances in Science and Technology of Materials*, Vol. 3.
- Shortland, A., Schachner, L., Freestone, I., Tite, M. 2006. Natron as a Flux in the Early Vitreous

Materials Industry: Sources, Beginnings and
Reasons for Decline. *Journal of Archaeological
Science*, 33.

キーワード

ナトロンガラス、ガラス玉、材質、流通

natron glass, glass beads, chemical composition,
distribution pattern