

# 香川県安造田東3号墳出土 モザイク玉の材質・構造調査

## 1 はじめに

1990年、香川県満濃町（現・まんのう町）の安造田東3号墳から特殊なモザイク玉が出土した（巻頭図版2）。このようなモザイク玉は日本列島では類例がなく、発見当初から注目されたが、内部構造や化学組成はあきらかにされてこなかった。そこで、本研究では各種の自然科学的手法を用いて本資料の材質・構造調査を実施した。

## 2 調査の方法

本資料について、顕微鏡観察ならびにX線CT撮影をおこない、製作技法を検討した。X線CT撮影には、マイクロフォーカスX線CT装置（SMX-100CT-D）を使用した。撮影条件は、管電圧140-150kV、管電流180-200 $\mu$ A、スライス厚0.01mmである。基礎ガラスおよび着色剤の調査には、蛍光X線分析法を適用した。使用した装置は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置（エダックス社製EAGLEⅢ）である。X線源はMo管球、管電圧は20kV、管電流は100 $\mu$ A、X線照射径は112 $\mu$ m、計数時間は300秒とし、真空中で測定した。測定結果は、ガラス標準試料を用いて補正したFP法により規格化し、酸化物重量百分率で表した。また、ガラス中に含まれる結晶物質を同定するため、X線回折分析（リガク社製SmartLab）を実施した。励起用対陰極は銅（Cu）、管電圧は40kV、管電流は30mAであった。

## 3 結果と考察

**製作技法** 本資料は、表面から観察できる文様を手掛かりに、これまでも製作技法の復元がなされている<sup>1)</sup>。本調査でも基本的にはこれまでの判断を追認する結果が得られた。すなわち、赤色ガラス棒に白色ガラスを被せ、さらに紺色ガラスを被せる。そして、その周りに白色の棒状ガラスを複数本付着させて一つのモザイク単位とする。これを7本束ねて一本のガラス棒とし、加熱しながら適当な大きさになるまで引き伸ばしたのち、適当な大きさに切断する。切断片を再度加熱して軟化させ、芯棒を挿し込んで孔を作出したと考えられる（図

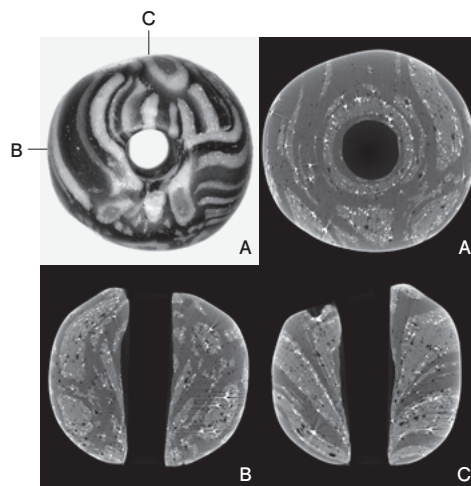


図89 モザイク玉のX線CT画像

89)。ただし、孔の作出方法については、谷一（2003）は、モザイク棒を束ねたものを「金属棒の先端に加熱して巻き付け、孔を貫通させてから金属棒を引き抜」いたとするが、筆者は、軟化したガラス片に芯棒を鉛直方向に挿し、芯棒をガラスで包み巻いたと推定した。本資料は、両端面で開孔部の形状が異なるのが特徴であり、筆者らが包み巻き法と呼んでいる製作技法の特徴と共通する。これまでに日本列島で発見されている包み巻き法で製作されたガラス小玉のほとんどがローマ系のナトロンガラス製であることから、包み巻き法は西方のガラスと関係の強い製作技法であると考えている。

**基礎ガラスの種類** 蛍光X線分析による材質調査の結果を表12に示す。測定を実施した箇所はすべてソーダガラスであった。さらに、ソーダガラスの材質細分の指標となる、MgOとK<sub>2</sub>O、CaOとAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の含有量から、植物灰ガラス（Group SIII）<sup>2)</sup>に相当すると判断される（図90）。さらに、植物灰ガラスの中でもMgO>K<sub>2</sub>Oで、かつMgOが多い領域にまとまる。MgO>K<sub>2</sub>Oの植物灰ガラスは、ササン系のガラスの特徴とされる<sup>3) 4)</sup>。

**着色剤** 紺色部分に関しては、CoOが0.15-0.18%含まれていることから、コバルトイオンによる着色である。コバルト原料の不純物と考えられる成分については、MnOが0.06-0.12%と少なく、CuOを0.12-0.15%、PbOを0.13-0.26%含有する。このような特徴は、これまでに日本列島で確認されている一部の植物灰ガラス小玉のコバルト原料と類似性が高い<sup>5)</sup>。一方、白色部分は、紺色や赤色部分に比べてFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>が少なくMnOが多い。原料に不純物として含まれる鉄分をできるだけ少なくすることで、鉄イオンによる着色を避けるとともに、消色剤としてマンガンを意図的に添加していると考えられる。さらに、白色部分を顕微鏡下で観察すると、ガラス中に多数の白色粒子が認められる。この白色粒子のX線回折分析を実施したところ、酸化錫（SnO<sub>2</sub>）と同定された<sup>6)</sup>。マンガンによる消色や酸化錫を利用した白濁は、地中海地

域や西アジアの古代ガラスに一般的な技法である。赤色部分については、CuOが2.18-2.42%含まれており、色調から判断して、金属銅のコロイド着色と考えられる。

安造田東3号墳出土のモザイク玉の材質・構造調査を実施した結果、製作技法、基礎ガラスの種類、着色技法のいずれも西方地域のガラスと関係が強いことがあきらかとなった。とくに、基礎ガラスの材質がササン系の植物灰ガラスであったことから、西アジアが本資料の生産地の第一候補と考えている。(田村朋美・大河内隆之)

#### 註

- 1) 谷一尚「モザイクガラス円条文珠の本邦流入―香川県安造田東三号墳出土土珠―」『美術史論集』第三号、2003など。
- 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.
- 3) 反対に $MgO < K_2O$ の植物灰ガラスは中央アジア系とされる。
- 4) Lankton, J.W., Lee, I., Kim, G., Kang, H. 2009. Bactrian Glass Vessels in Korean Tombs?. *Annales du 17e Congres de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*,
- 5) ただし、本資料と類似のコバルト原料が使用された植物灰ガラスは、古墳時代後期末に出現する変則的な引き伸ばし法によるガラス小玉で、本遺跡の出土遺物には含まれていない。
- 6) 錫の含有量は白色部分でやや多いものの、色調にかかわらず、すべての分析箇所から検出されている。この件については今後の検討課題である。

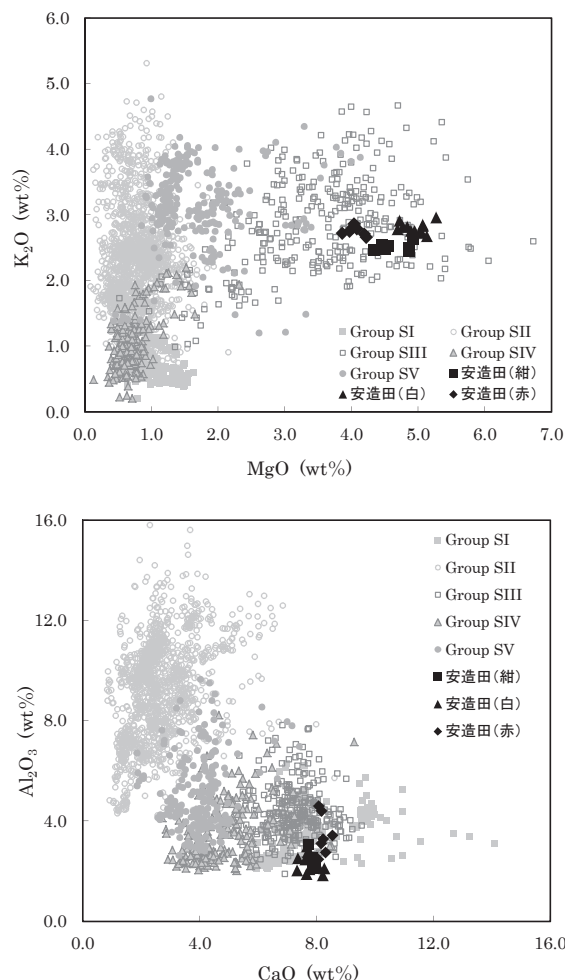


図90 モザイク玉のX線CT画像

表12 モザイク玉の蛍光X線分析結果

色調	重量濃度(%)																
	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO	CuO	PbO	Rb <sub>2</sub> O	SrO	ZrO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>
紺色透明1	14.7	4.9	2.1	65.7	0.4	2.4	7.9	0.08	0.07	1.12	0.18	0.15	0.13	0.00	0.03	0.12	0.06
紺色透明2	14.7	4.5	2.2	65.8	0.3	2.5	8.0	0.09	0.07	1.14	0.18	0.14	0.15	0.01	0.03	0.09	0.10
紺色透明3	14.1	4.6	2.5	65.9	0.4	2.5	7.9	0.11	0.06	1.14	0.17	0.15	0.18	0.01	0.04	0.07	0.21
紺色透明4	15.2	4.9	2.2	64.6	0.4	2.5	7.9	0.14	0.12	1.08	0.16	0.13	0.26	0.01	0.02	0.11	0.38
紺色透明5	15.1	4.4	2.1	65.7	0.4	2.5	7.9	0.10	0.07	1.12	0.16	0.14	0.12	0.01	0.03	0.16	0.19
紺色透明6	15.3	4.9	2.2	64.4	0.4	2.6	7.9	0.10	0.09	1.05	0.15	0.12	0.25	0.01	0.02	0.08	0.31
紺色透明7	14.2	4.5	3.0	65.6	0.4	2.5	7.7	0.10	0.06	1.16	0.17	0.13	0.15	0.00	0.03	0.05	0.19
白色不透明(斑点)1	14.2	5.0	2.0	65.4	0.3	2.7	7.3	0.09	0.31	0.51	0.02	0.02	0.50	0.01	0.03	0.05	1.37
白色不透明(斑点)2	14.0	4.9	2.3	65.3	0.3	2.8	8.0	0.10	0.33	0.52	0.01	0.03	0.62	0.01	0.03	0.08	0.74
白色不透明(斑点)3	13.2	4.8	2.8	65.6	0.4	2.8	7.7	0.11	0.32	0.53	0.02	0.06	0.59	0.00	0.03	0.04	1.06
白色不透明(斑点)4	13.9	5.0	1.9	65.3	0.3	2.8	7.7	0.09	0.32	0.50	0.01	0.03	0.66	0.01	0.05	0.09	1.49
白色不透明(斑点)5	12.9	5.3	2.5	64.7	0.4	3.0	7.6	0.12	0.33	0.51	0.01	0.02	0.80	0.01	0.04	0.09	1.85
白色不透明(斑点)6	13.3	4.8	2.1	65.9	0.3	2.8	7.8	0.10	0.32	0.53	0.01	0.02	0.68	0.00	0.04	0.09	1.23
白色不透明(斑点)7	11.3	4.7	3.0	67.0	0.3	2.9	7.7	0.12	0.32	0.55	0.01	0.04	0.62	0.01	0.03	0.12	1.32
白色不透明(白線)1	13.7	5.1	2.2	64.6	0.4	2.7	8.0	0.11	0.32	0.54	0.02	0.02	0.68	0.02	0.02	0.13	1.42
白色不透明(白線)2	14.0	5.1	2.1	64.6	0.3	2.9	8.3	0.12	0.34	0.53	0.01	0.02	0.58	0.00	0.03	0.05	1.12
白色不透明(白線)3	14.7	5.1	2.5	63.8	0.3	2.8	7.4	0.11	0.30	0.53	0.01	0.04	0.65	0.00	0.03	0.14	1.63
白色不透明(白線)4	14.7	5.1	1.8	63.6	0.3	2.7	8.2	0.13	0.31	0.52	0.01	0.02	0.64	0.01	0.04	0.11	1.83
白色不透明(白線)5	13.0	4.7	2.2	65.5	0.3	2.8	8.1	0.11	0.34	0.54	0.00	0.02	0.59	0.00	0.06	0.05	1.76
赤色不透明(斑点)1	14.8	3.9	2.5	62.5	0.4	2.7	8.1	0.22	0.07	0.99	0.03	2.42	0.64	0.00	0.05	0.07	0.75
赤色不透明(斑点)2	14.5	4.1	3.1	62.2	0.5	2.8	8.2	0.20	0.11	1.05	0.02	2.18	0.53	0.02	0.04	0.00	0.55
赤色不透明(斑点)3	14.1	4.2	3.4	61.4	0.5	2.7	8.5	0.23	0.08	1.03	0.02	2.25	0.56	0.02	0.03	0.12	0.75
赤色不透明(斑点)4	14.4	4.2	2.7	62.3	0.5	2.7	8.3	0.22	0.08	0.99	0.02	2.27	0.48	0.01	0.03	0.10	0.77
赤色不透明(斑点)5	13.0	4.0	4.6	61.6	0.5	2.9	8.1	0.28	0.07	1.15	0.01	2.41	0.51	0.01	0.02	0.12	0.75
赤色不透明(斑点)6	12.0	4.0	4.4	62.6	0.5	2.8	8.2	0.26	0.08	1.12	0.02	2.38	0.57	0.00	0.03	0.04	0.92
赤色不透明(斑点)7	13.3	4.0	3.3	62.7	0.5	2.8	8.2	0.25	0.07	1.04	0.02	2.25	0.56	0.02	0.04	0.07	0.76