

# 分析資料を基礎とした古代鉛ガラスと緑釉の特性研究

著者	李 知禧, 金 ?廷, 大谷 育恵(訳)
著者別表示	LEE Ji-hee, KIM Hyun-jeong, OTANI Ikue [trans.]
雑誌名	金大考古
号	81
ページ	8-21
発行年	2022-12-26
URL	<a href="http://doi.org/10.24517/00069151">http://doi.org/10.24517/00069151</a>



## 分析資料を基礎とした

### 古代鉛ガラスと緑釉の特徴研究

イ チ ヒ  
李 知 禧

(忠北大学校 考古美術史学科)

キム ヒョングン  
金 炫 廷

(国立中央博物館 保存科学部)

#### I. 序論

"ガラス"は『標準国語大辞典』によると、石英、炭酸ソーダ、石灰岩を混ぜて高い温度で溶かし、次に急速に冷却して作った物質で、透明で固いが、非常に壊れやすいと定義されている<sup>(1)</sup>。すなわち、ガラスは一般的に建築、うつわ、器具などに使用されるソーダ石灰ガラス (soda lime glass) を指している。これは西アジアやローマに基盤のあるガラスで、東北アジアで製作された鉛ガラスとは主要成分の構成要素が異なっている。

古代の中国、韓国、そして日本の文献では、ソーダ石灰ガラスを"玻璃"と"硝子"と呼び、鉛ガラスで製作した器物を"琉璃"、"瑠璃"と名付けており、それらを互いに区分していたことが確認できる。特に文献史料では、鉛を主要成分に含んだガラスと釉薬をかけた器物、すなわち鉛釉を同一の意味で認識しており、近・現代にいたるまで使用される用語の類似性が維持されている [李知禧 2013]。

鉛釉は鉛を基本溶融剤として作り、低火度の酸化焰で燻造した一種の低温釉で、三彩や五彩などの多彩釉と、褐釉、緑釉、藍釉を含む用語である。韓国国内では褐釉と緑釉を製作していたが、本研究の研究対象は国内の緑釉を中心としているため、ここでは緑釉という用語を使用することにする。

鉛ガラスと緑釉は古代の韓国、中国、そして日本の交流様相と製作方法等を明らかにすることができる重要な資料であるとみなされており、保存科学では鉛同位体比を通して産地推定と化学組成など多くの研究が進められてきた。現在までの研究は大部分遺跡単位を中心とし、断片的に比較的多く実施され

(1 『標準国語大辞典』 ガラス。 <https://ko.dict.naver.com/#/entry/koko/ba9fd7e74f814545b132697232898f60>

てきているが、それらをもとに総合的な考察をした研究が不足している。そこで科学的な自然科学分析の資料を活用し、美術史と考古学的観点の研究手法と組み合わせ、当時の姿を復元する研究が必要な状態である。したがって、本研究は古代東北アジアで製作された鉛ガラスならびに緑釉の鉛同位体比と化学組成の分析資料をもとにした推定産地と特性を考察するために作成されたものである。

#### II. 研究方法

本研究では、古代東北アジアで製作された鉛ガラスと釉薬の特性を調べるために鉛同位体比と化学組成の分析資料に基づいて研究を行いたい。研究対象は、古代の韓国国内、中国、そして日本で製作された鉛ガラス、緑釉、三彩などの緑釉から分析された鉛同位体比化学組成データベースを活用した。

鉛同位体比は2つの方法で分析し、細分化することによって信頼性を高めることを試みた。1つ目は、1980年代に馬淵久夫が調査した韓国—中国—日本の方鉛石鉱山に対する東北アジア地域の鉛同位体比である [馬淵・平尾 1983, 1987; Mabuchi 1985:19]。これは現在にいたるまで普遍的に使用されているが、分析資料が多様ではなく、地域区分が多少困難であった。もう1つは韓国基礎科学資源研究院と国立文化財研究所が共同研究した韓半島南部地域鉛同位体比分布図 (Korea peninsula lead isotope database、以下 KOPLID と表記) である [정연중ほか 2012: 68-100; Jeong Youn-Joong *et al.* 2012]。これは韓半島南部地域の鉛同位体比に基づいて地質学的、地域的に4つのグループ (zone) に細分化し、国内地域に対する鉛同位体比の判別力を一層高めたものである [정연중ほか 2015]。化学組成の分析は、これまで釉薬よりも鉛ガラスの成分分析に集中していた。成分分析は既存の研究資料を活用した。

そして最後に、それまで見てきた分析資料を基にして、8世紀の釉薬製造方法が記載された文献記録をとおして鉛ガラスと緑釉の特性を総合的に考察してみたい。

#### III. 鉛同位体比に基づいた鉛材料の産地推定

今回の研究では、2つの分布図を複合的に利用し

た。韓半島出土品は韓半島南部地域鉛同位体比分布図を用いてまず国内で鉛産地を推定した後、範囲から外れる資料については馬淵久夫の東北アジア地域鉛同位体比に代入した。一方で、中国と日本出土品についてはまず馬淵久夫の東北アジア資料で推定した後、韓半島南部地域と判断された資料については KOPLID に代入した。KOPLID は、前述のとおり 4 つのグループに区別することができる (表 1) [金炫廷 2019]。

### 1. 三国時代

百済の鉛産地推定は、<sup>しひ</sup>泗泚期の益山と扶余を中心として鉛同位体比の分析研究が行われている。次の表 2 は、2007 年に国立扶余文化財研究所が益山

王宮里と弥勒寺址で出土した鉛ガラス遺物の鉛同位体比を整理したものである [金奎虎<sup>キム キョホ</sup>ほか 2007]。本研究では、これを基本として最新の研究成果で

表 1 韓半島南部地域の鉛同位体比判別区分

区分		該当地域
zone 1	慶尚盆地	慶尚道
zone 2	沃川変成帯内の太白	江原道南部 / 慶北北部
	山盆地 / 嶺南陸塊東部	
zone 3	沃川帯 / 京畿陸塊東部地域	全羅道 / 忠清道 / 江原道
zone 4	京畿陸塊西部地域	忠清道北部 / 京畿道西部

表 2 益山王宮里と弥勒寺址の鉛ガラスおよび緑釉の鉛同位体比と KOPLID を利用した産地推定

遺跡	番号	遺物名	資料番号	鉛同位体比			金奎虎 <sup>キム キョホ</sup> ほか [2007]	KOPLID
				<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb		
益山 王宮里	1	ガラス	YG1	17.569	15.635	38.984	韓国南部	zone 4
	2	ガラス	YG2	17.815	15.662	39.070	韓国南部	zone 4
	3	ガラス	YG3	17.802	15.656	39.051	韓国南部	zone 4
	4	ガラス	YG4	17.482	15.603	38.874	韓国南部	zone 4
	5	ガラス	YG5	17.544	15.631	38.968	韓国南部	zone 4
	6	ガラス	YG6	17.397	15.601	38.867	韓国南部	zone 4
	7	ガラス	YG7	17.341	15.595	38.848	韓国南部	zone 4
	8	ガラス	YG8	17.345	15.585	38.815	韓国南部	zone 4
	9	ガラス	YG9	17.820	15.659	39.056	韓国南部	zone 4
	10	ガラス	YG10	17.339	15.593	38.843	韓国南部	zone 4
	11	ガラス	YG11	17.346	15.604	38.879	韓国南部	zone 4
	12	ガラス	YG11-1	17.340	15.594	38.874	韓国南部	zone 4
	13	ガラス	YG12	17.344	15.507	38.856	韓国南部	zone 4
	14	ガラス	YG13	17.590	15.610	38.736	韓国南部	zone 4
	15	ガラス	YG14	17.344	15.601	38.870	韓国南部	zone 4
	16	ガラス	YG15-1	17.353	15.608	38.894	韓国南部	zone 4
	17	ガラス	YG15-2	17.346	15.597	38.858	韓国南部	zone 4
	18	ガラス	YG16	17.338	15.593	38.843	韓国南部	zone 4
	19	ガラス	YG17	17.340	15.594	38.848	韓国南部	zone 4
	20	ガラス	YG18	17.444	15.612	38.906	韓国南部	zone 4
	21	ガラス	YG19	17.747	15.642	39.072	韓国南部	zone 4
	22	ガラス	YG35-1	17.424	15.609	38.892	韓国南部	zone 4
	23	ガラス	YG35-2	17.421	15.609	38.897	韓国南部	zone 4
	24	ガラス	YG35-3	17.417	15.605	38.880	韓国南部	zone 4
	25	ガラス	YG36-1	17.344	15.596	38.847	韓国南部	zone 4
	26	ガラス	YG36-2	17.355	15.613	38.909	韓国南部	zone 4
	27	ガラス	YG37	17.847	15.669	39.092	韓国南部	zone 4
	28	ガラス	YG38-1	17.339	15.594	38.847	韓国南部	zone 4
	29	ガラス	YG38-2	17.336	15.590	38.834	韓国南部	zone 4
	30	ガラス	YG38-3	17.338	15.589	38.825	韓国南部	zone 4
	31	ガラス	YG39	17.586	15.632	34.595	韓国南部	zone 4
	32	ガラス	YG40-1	17.340	15.593	34.897	韓国南部	zone 4
	33	ガラス	YG40-2	17.340	15.595	34.904	韓国南部	zone 4
	34	ガラス	YG41		18.108	15.704	33.969	韓国南部

遺跡	番号	遺物名	資料番号	鉛同位体比			金奎虎ほか [2007]	KOPLID
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		
益山 王宮里	35	ガラス	YG42	18.111	15.699	33.935	韓国南部	zone 3
	36	ガラス	YG43	17.353	15.600	34.906	韓国南部	zone 4
	37	ガラス	YG44	17.345	15.601	34.925	韓国南部	zone 4
	38	ガラス	YG45	17.343	15.590	34.873	韓国南部	zone 4
	39	緑釉壺	YG2889	17.890	15.651	38.954	韓国南部	zone 4
	40	緑釉蓋	YG2890-1	17.234	15.513	37.935	韓国南部	zone 4
	41	緑釉蓋	YG2890-2	17.251	15.538	38.014	韓国南部	zone 4
益山 弥勒 寺址	42	板ガラス	MR1	17.720	15.636	34.368	韓国南部	zone 4
	43	板ガラス	MR2	17.538	15.626	34.674	韓国南部	zone 4
	44	板ガラス	MR3	17.456	15.610	34.752	韓国南部	zone 4
	45	板ガラス	MR4	17.450	15.615	34.784	韓国南部	zone 4
	46	板ガラス	MR5	17.340	15.594	34.905	韓国南部	zone 4
	47	板ガラス	MR6	17.521	15.613	34.637	韓国南部	zone 4
	48	板ガラス	MR7	17.450	15.605	34.735	韓国南部	zone 4
	49	ガラス柑壺	MR8-1	17.699	15.637	34.413	韓国南部	zone 4
	50	ガラス柑壺	MR8-2	17.700	15.643	34.441	韓国南部	zone 4
	51	ガラス柑壺	MR8-3	17.703	15.642	34.432	韓国南部	zone 4
	52	ガラス柑壺	MR10	17.433	15.599	34.739	韓国南部	zone 4
	53	ガラス柑壺	MR11	17.441	15.614	34.803	韓国南部	zone 4
	54	緑釉垂木先瓦	MR2109	17.415	15.622	34.889	韓国南部	zone 4
	55	緑釉垂木先瓦	MR2337	17.522	15.622	34.681	韓国南部	zone 4
	56	緑釉垂木先瓦	MR4102	17.532	15.629	34.698	韓国南部	zone 4
	57	緑釉垂木先瓦	MR9021-1	17.371	15.612	34.933	韓国南部	zone 4
	58	緑釉垂木先瓦	MR9021-2	17.365	15.604	34.901	韓国南部	zone 4
	59	緑釉垂木先瓦	MR9553	17.409	15.620	34.893	韓国南部	zone 4
	60	緑釉垂木先瓦	MR9566	17.377	15.605	34.879	韓国南部	zone 4
	61	緑釉垂木先瓦	MR9840	17.400	15.621	34.921	韓国南部	zone 4
	62	緑釉垂木先瓦	MR10097	17.408	15.614	34.867	韓国南部	zone 4

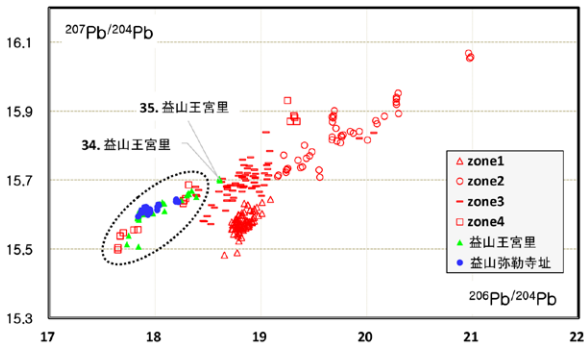


図1 KOPLIDによる産地推定  
( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

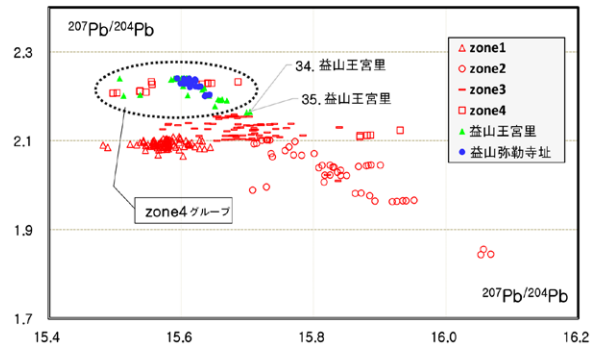


図2 KOPLIDによる産地推定  
( $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ )

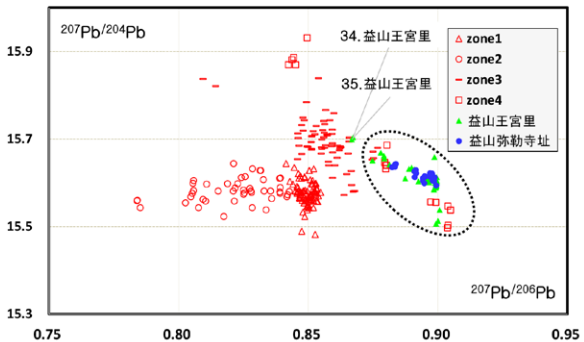


図3 KOPLIDによる産地推定  
( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  -  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

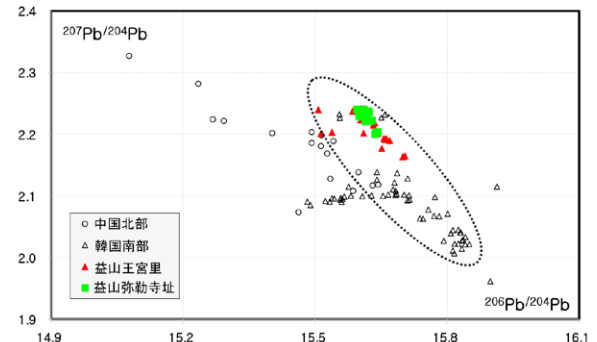


図4 東北アジアでの産地推定  
( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  -  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

ある韓国南部地域方鉛石鉱山の鉛同位体比分布図 (KOPLID) を活用して、鉛の産地と国内での位置を調べた。

2007年に分析された益山王宮里と弥勒寺址で出土した鉛ガラスの鉛同位体比は、その当時の東北アジアの資料のみを活用して産地を韓国南部と推定した(図4)[金奎虎ほか2007]。今回の研究では、KOPLIDを利用して韓半島南部地域の方鉛石鉱山の鉛同位体比に対して推定を行った結果、大部分が京畿陸塊西部地域となった(図1~3)。これは表1に示した判別グループではzone4に該当し、忠清道北部と京畿道西部地域に位置する。

益山王宮里と弥勒寺址出土品は鉛同位体比の大部分が重なり合うものとみられ、当時同一の産地、あるいは同じ材料を利用して鉛ガラスと釉薬が製作されたと考えられる。特に、表2の緑色で表示された資料は王宮里と弥勒寺址で互いに重なり合うもの

で、各遺跡の層位と製作時期を正確に把握することができれば、密接な関連性を見つかることができるだろう。益山王宮里のNo.34とNo.35は、図1~3でzone3(京畿陸塊東部地域)に位置することが確認できた。

これは2007年に益山王宮里で出土した<sup>るつぽ</sup>坩堝、ガラス、そして緑釉陶器に対して行った鉛同位体比分析でガラスと釉薬の使用材料には密接な関係があるということで、本研究と一致する結果である。また弥勒寺址出土品の鉛同位体比分析の結果は、この2遺跡で材料の共有があったことが本研究でも確認された[姜炯台ほか2004]。

## 2. 統一新羅時代

統一新羅出土品は榮州浮石寺、慶州天龍寺址、浦項法光寺址から出土した緑釉瓦磚で、2005年の研究に基づいて作成されたものに[姜炯台ほか

表3 韓中日の鉛ガラスおよび緑釉の鉛同位体比と産地推定

遺跡	資料番号	遺物名	鉛同位体比			推定産地	KOPLID	
			<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb			
韓国	榮州 浮石寺	1	緑釉磚	19.738	16.157	40.258	韓国南部	zone 2
		2	緑釉磚	19.667	16.102	40.082	韓国南部	近接
		3	緑釉磚	26.625	16.900	41.601	東北アジア から大きく 外れる	-
	慶州 天龍寺址	4	緑釉磚	26.021	16.760	41.318		
		5	緑釉磚	26.548	16.811	41.311		
	浦項 法光寺址	6	緑釉磚	25.980	16.722	41.199		
		7	緑釉磚	25.985	16.738	41.251		
	慶州 靈廟寺址	8	緑釉磚	26.677	16.847	41.519		
		慶州 四天王寺址	9	緑釉 神将鬘磚	20.146	15.976	39.156	韓国南部
	10		緑釉菱形磚	18.225	15.749	39.290	韓国南部	zone 3
中国 [奈良文化財 研究所・河南 省文物考古 研究所 2011]	黄治窯	11	三彩鉢	17.837	15.539	38.946	中国北部	-
		12	三彩盤	17.855	15.537	39.235		
		13	三彩炉	18.049	15.596	38.420		
		14	三彩鉢	18.199	15.563	39.411		
		15	三彩壺	18.069	15.567	39.211		
		16	黄釉執壺	17.656	15.515	38.937		
		17	緑釉壺	17.223	15.472	38.126		
		18	三彩鉢	17.805	15.536	38.879		
日本 [平尾ほか 2014]	大安寺	19	三彩陶枕	17.534	15.498	38.030	中国北部	-
		20	三彩陶枕	18.050 <sup>(誤1)</sup>	15.601	38.436 <sup>(誤1)</sup>	? <sup>(誤1)</sup>	-
	飛鳥池	21	緑釉壺 <sup>(誤2)</sup>	18.399	15.596	38.502	日本	-
		22	緑釉蓋 <sup>(誤2)</sup>	18.832	15.800	39.465	韓国南部	zone 2
		23	ガラス坩堝	18.407	15.596	38.494	日本	-
		24	ガラス坩堝	18.394	15.591	38.479	日本	-
		25	ガラス坩堝	18.402	15.591	38.483	日本	-
		26	緑釉壺	17.713	15.637	39.971	韓国南部	zone 4
藤原京	27	緑釉獸脚 円面硯	18.588	15.763	39.401	韓国南部	zone 3	



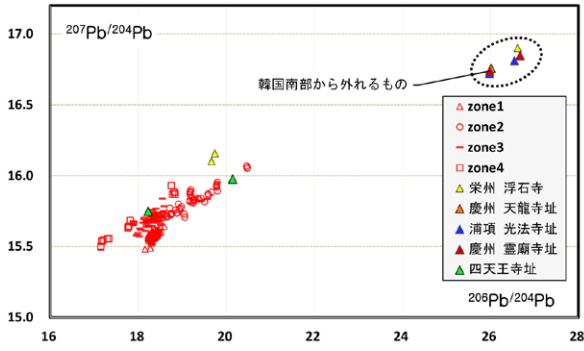


図5 KOPLIDによる統一新羅緑釉瓦塼の産地推定 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

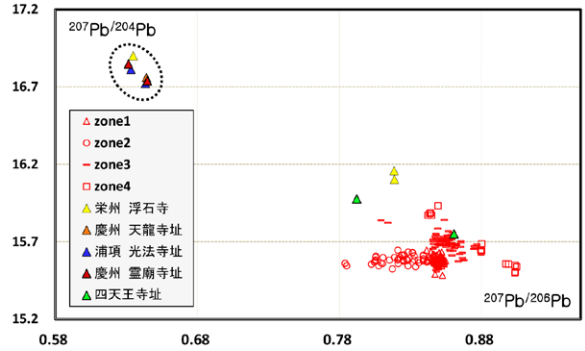


図6 KOPLIDによる統一新羅緑釉瓦塼の産地推定 ( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

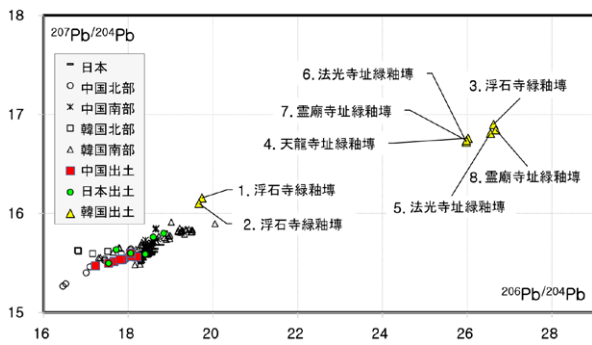


図7 東北アジアでの鉛産地の推定 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

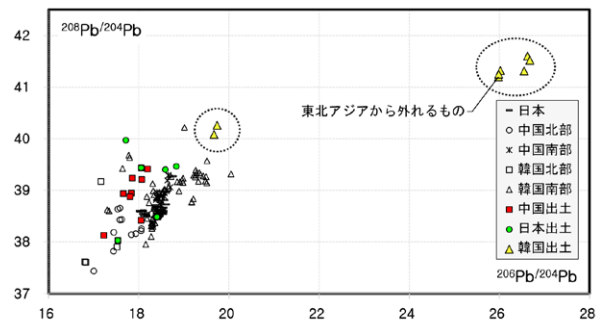


図8 東北アジアでの鉛産地の推定 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

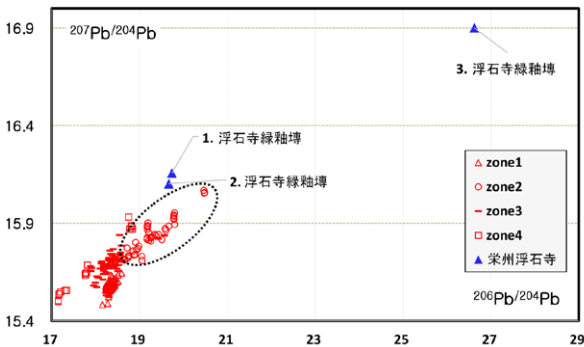


図9 KOPLIDによる榮州浮石寺の鉛産地推定 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

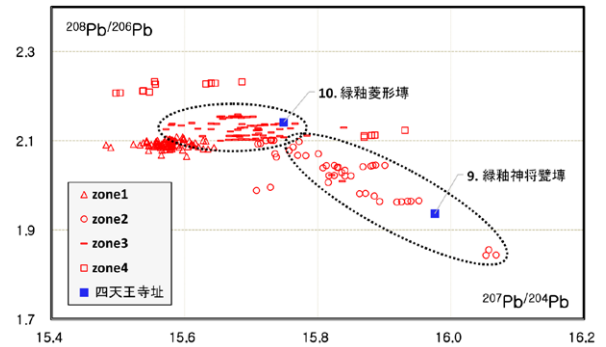


図10 KOPLIDによる慶州四天王寺址の鉛産地推定 ( $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ )

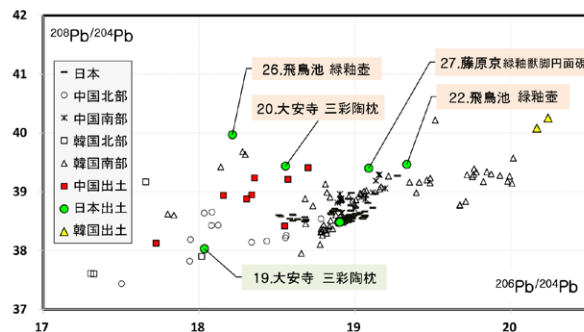


図11 日本出土品の図8 拡大図 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

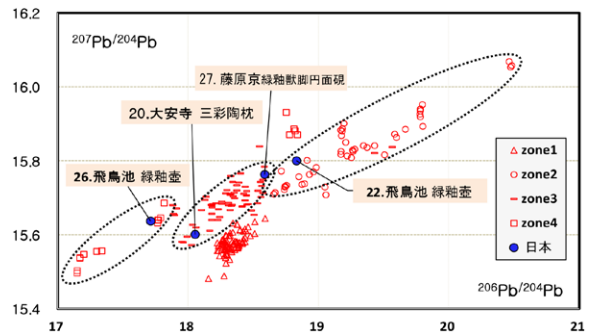


図12 KOPLIDによる日本出土品の鉛産地推定 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} - ^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ )

2005]、慶州靈廟寺址 [ チヨナムチョル 초남칠호카 2007]、四天王寺址の鉛同位体比を追加した (表 3)[ 国立慶州文化財研究所 2018]。中国と日本で出土した遺物については、奈良文化財研究所と河南省文物考古研究所が 2011 年に共同研究した鉛同位体比データ値を東北アジアの鉛ガラスと緑釉の比較研究のために活用した [ 奈良文化財研究所・河南省文物考古研究所 2011]。

榮州浮石寺をはじめとする慶州天龍寺址、靈廟寺址、四天王寺址、浦項法光寺址から出土した緑釉瓦摺 10 点は " 韓半島南部地域鉛同位体比分布図 " を利用して産地推定をした結果、浮石寺の 2 点と四天王寺址の 2 点を除いて韓国南部地域方鉛石から非常に外れており、この場所が産地ではないものと推定される (図 5, 6)。また、東北アジアでも韓国—中国—日本の中のいずれの地域にも位置していなかった (図 7, 8)。これは東北アジア以外の鉛同位体比分析資料を比較研究すれば、周辺国との交流であるかどうかを確認することができる重要な資料と判断される。最近日本では、鉛同位体比研究でタイ中部のカンチャナブリー州ソン・トー鉱山 (Kanchanaburi, Song Toh) から輸入した鉛塊 (lead ingot) で製作されたものを明らかにしている [ 平尾ほか 2014: 80-101]。韓国国内では統一新羅慶州の清州雲泉洞の銅鍾がこれと類似する事例で、他国との交流を示すものである [ キムヒョジョン キムスキ 김현정・김수기 2007]。

韓半島南部と推定される榮州浮石寺と四天王寺の緑釉瓦摺は zone 2 ( 沃川変成帯内の太白山盆地、嶺南陸塊北東部)、zone 3 ( 京畿陸塊東部) に分布していることが確認された。榮州浮石寺出土の緑釉摺 2 点は zone 2 に近いことが分かった (図 9)。

慶州四天王寺出土の緑釉神將鬘摺と緑釉菱形摺は KOPLID で zone 2 グループと zone 3 グループに確実に区分されて位置していることからみて、同時期に同じ窯で製作されたとみるのは難しい (図 10)。これは後述する緑釉の成分と組成比率でも違いを確認することができ (表 5)、それぞれ違う時期と地域で採取された鉛で製作されたことに立証を与える。

一方で、新羅緑釉の産地推定と比較研究のために、当時の東北アジアで製作された鉛ガラスと緑釉陶器を馬淵久夫の東北アジア鉛同位体比に代入してみた。中国黄治窯出土三彩の釉薬陶器は中国北部と推定され、日本のガラス、緑釉、および三彩陶器は、日本をはじめとして中国北部、韓国南部の 3 か所

の産地が万遍なく算出された (表 3、図 7-8)。

日本出土品の中で、韓国南部が産地と推定される資料に対して KOPLID 分布図を用いた (図 12)。その結果、韓国南部と判断された出土品は大安寺出土三彩陶枕 (No.20)、飛鳥池出土緑釉蓋 <sup>(訳2)</sup> (No.22)、緑釉壺 (No.26)、藤原京出土緑釉獸脚円面硯 (No.27) であった (図 11)。これを KOPLID のゾーン領域で区分すると、大安寺出土三彩陶枕は zone 3、飛鳥池出土緑釉蓋 <sup>(訳2)</sup> は zone 2、緑釉壺は zone 4 であることが確認された (図 12)。そして藤原京出土緑釉獸脚円面硯は zone 3 と確認された。この地域は慶州道南部地域を除いた太白山鉱化帯に属する沃川変成帯、嶺南陸塊で、主に江原南部～慶北北部で忠清道と全羅道につながり、京畿道西部まで広がる広い鉱脈に属する。ここでの一つの興味深い事実は、飛鳥池出土緑釉蓋と大安寺出土三彩陶枕が中国で製作され、日本に輸入されたと現在まで研究されてきていることである [ 奈良文化財研究所・河南省文物考古研究所 2011]。 <sup>(訳3)</sup>

特に百済に比べて統一新羅の出土品は鉛同位体比資料が少ないことから比較研究には限界があったが、韓中日の考古学的・美術史的様式による技術交流や製作様相を基礎的研究として、科学的根拠を提示することができたことは大きな意味を持つ。

## IV. 鉛ガラスと緑釉の化学組成

### 1. 三国時代

百済は鉛ガラスと緑釉が使用された瓦摺と陶器を製作した。現在まで実施されてきた成分分析に関する研究成果は鉛ガラスに集中しているため、釉薬の科学分析が不十分な状態である。本研究では百済の鉛ガラスの成分分析で当時の製作様相を検討したい。

百済の鉛ガラスは益山王宮里と弥勒寺址、扶余双北里、官北寺、扶蘇山等の遺跡でガラス埴塼と共にガラス玉、板ガラス、などが発見されている。本研究の対象は益山王宮里と弥勒寺址で出土したガラスの化学組成を分析した結果である (表 4)[ カンヒョンデ 姜炯台ほか 2004; ハンミンス キムソジン 한민수・김소진 2017]。

益山王宮里遺跡で出土したガラス 9 点の主要元素成分分析の結果は、PbO 71 ~ 72wt.%、SiO<sub>2</sub> 26 ~ 28wt.% を含み、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CuO が微量確認された。ここに含まれている Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は不

表 4 益山王宮里および弥勒寺址石塔出土鉛ガラスの化学組成

遺跡名	遺物名・資料番号	分析方法	科学組成 (wt.%)									
			PbO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
益山王宮里 [姜炯태ほか 2004]	ガラス	SEM-EDS	72.8	27.2	-	0.24	-	-	0.24	0.20	-	-
	ガラス	SEM-EDS	71.2	28.1	-	0.31	-	-	0.26	0.34	-	-
	ガラス	SEM-EDS	72.1	27.3	-	0.21	-	-	0.12	0.18	-	-
	ガラス	SEM-EDS	72.6	26.9	-	0.23	-	-	0.37	0.36	-	-
	ガラス	SEM-EDS	73.6	26.2	-	0.29	-	-	0.12	0.26	-	-
	ガラス	SEM-EDS	72.0	26.8	-	0.31	-	-	0.19	0.24	-	-
	ガラス	SEM-EDS	72.8	27.6	-	0.28	-	-	0.09	0.22	-	-
	ガラス	SEM-EDS	72.0	28.5	-	0.21	-	-	0.13	0.20	-	-
益山弥勒寺址 石塔 [한민수・ 김소진 2017]	MR-23	SEM-EDS	70.71	28.8	-	0.16	-	-	0.06	0.23	0.03	0.01
	MR-24	SEM-EDS	70.56	28.8	0.07	0.07	-	0.02	0.16	0.24	-	0.07
	MR-25	SEM-EDS	70.75	28.9	0.03	0.04	0.06	-	0.10	0.17	-	0.01
	MR-26	SEM-EDS	69.31	29.7	0.17	0.18	0.06	-	0.21	0.25	0.10	0.02
	MR-27	SEM-EDS	69.34	29.9	0.03	0.15	-	0.04	0.13	0.27	0.08	0.06
	MR-28	SEM-EDS	69.66	29.8	-	0.17	-	-	0.14	0.12	0.07	0.05

純物と考察されている (表 4、図 13)[姜炯태ほか 2004]。

益山弥勒寺址石塔の舍利孔から出土した鉛ガラス 6 点の主要成分は、PbO 69 ~ 70wt.%、SiO<sub>2</sub> 28 ~ 29wt.% 確認された。以前調査された弥勒寺址出土ガラスの分析結果 (2004 年) は PbO 70 ~ 77wt.%、SiO<sub>2</sub> 19 ~ 28wt.% で、PbO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CuO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の成分のみ検出されが [東国大学校ほか 2002; 国立扶余文化財研究所 2007]、心礎石から出土した鉛ガラスの場合、CaO、MgO、MnO、Na<sub>2</sub>O 等の微量元素が含まれていた (表 4、図 14)。

百済のような PbO 70wt.% 以上の鉛ガラスは、7 世紀に新羅、中国、そして日本で共通して確認される。慶州皇南洞 376 番地出土ガラス罎埴 3 点は、PbO 比率 70wt.% 以上の鉛ガラスとして知られている [東国大学校・慶州キャンパス博物館 2002; 国立扶余文化財研究所 2007]。そして中国・寧夏固原の史道洛墓 [658 年] と史訶耽墓 [669 年] から出土した玻璃六曲杯は 71.49wt.% の鉛が検出された。日本福岡県宗像市の宮地嶽神社出土ガラス板の成分も 74wt.% である [谷一 2010]。

以上を通じて、7 世紀に東北アジアで製作されたガラスは鉛が 70wt.% 台の高鉛ガラスであったことが分かる。現在までこのような高鉛ガラスは漢と隋唐初期に存在することが知られてきた [谷一 2010]。しかし最近、中国安陽の北朝墓で出土した鉛釉陶器の化学組成は PbO 71.99 ~ 73.23wt.%、SiO<sub>2</sub> 15.1 ~ 17.25wt.% と高い含有量の鉛が検出されたので、その時期をもう少し遡らせることができ



図 13 益山王宮里遺跡で出土したガラス罎埴一括



図 14 益山弥勒寺址で出土したガラス罎埴およびガラス一括

るだろう [王洪敏 2011]。

## 2. 統一新羅時代

新羅は 7 世紀から褐色と緑色の釉薬が施釉され



た陶器と瓦罫、そして鉛ガラスを製作した。本研究の分析対象は、統一されて以降の慶州四天王寺、霊廟寺址、天龍寺址、浦項法光寺址、榮州浮石寺で出土した緑釉瓦罫で、次の表5のような分析結果が確認されている。

統一新羅の慶州四天王寺、霊廟寺址、天龍寺址、浦項法光寺址、榮州浮石寺で出土した緑釉瓦罫の主要成分の化学組成は、PbO 64～90wt%、SiO<sub>2</sub> 12～27wt%と確認された。

このうち四天王寺から出土した緑釉菱形罫(SC002, SC-B-1~3)は主要成分がPbOとSiO<sub>2</sub>、着色成分であるCuOの成分のみ検出され、百済王宮里と弥勒寺址から出土した鉛ガラスと成分組成が類似した純粋な鉛ガラスであると推定された(図15)。

これを分析した国立文化財研究所と国立慶州文化財研究所は、このような現象について非常に高純度の原料を使用したことを意味しており、鉄やアルミニウムを含んだ砂ではなく高純度の珪砂を使用した可能性を提起した。また慶州霊廟寺址で出土した緑釉罫(図16)には表面に白色の釉薬が風化したものがあり、厚さが1～20mmの釉薬層の内部に緑色が確認されるという両者間の類似性が指摘されたこ



図15 緑釉菱形罫 統一新羅  
幅 14.1cm 慶州四天王寺出土 国立慶州博物館蔵



図16 緑釉罫 統一新羅  
幅 13cm<sup>(誤4)</sup> 慶州霊廟寺出土 国立慶州博物館蔵

表5 統一新羅の緑釉瓦罫の釉薬化学組成

遺跡名	資料番号	遺物名	分析方法	科学組成 (wt.%)									
				PbO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
慶州 四天王寺址 [이한형 <sup>イハンヒョン</sup> ほか 2011]	SC001	緑釉神将罫	S	78.93	15.22	0.45	3.40	-	-	1.00	0.82	-	0.18
	SC313	緑釉神将罫	S	75.37	17.69	0.50	4.08	-	-	0.92	0.91	-	0.53
	SC003	緑釉鬼面瓦	S	64.12	26.60	-	5.59	-	-	2.19	0.68	-	0.71
	SC004	緑釉鬼面瓦	S	67.89	21.23	1.5	3.91	0.50	-	1.68	1.95	-	0.46
	SC002	緑釉菱形罫	S	87.77	12.23	-	-	-	-	-	-	-	-
慶州 四天王寺址 [国立慶州文 化財研究所 2018]	SC-A-3	緑釉神将罫	S	64.88	25.00	0.75	5.42	0.44	-	1.36	1.23	0.38	0.54
	SC-B-1	緑釉菱形罫	S	74.10	24.84	-	-	-	-	-	1.07	-	-
	SC-B-2	緑釉菱形罫	S	74.98	23.89	-	-	-	-	-	1.13	-	-
	SC-B-3	緑釉菱形罫	S	75.79	21.90	-	0.33	-	-	-	1.98	-	-
慶州霊廟寺 址 [조남철 <sup>チヨナムチヨル</sup> ほか 2007]	罫 1	緑釉罫	S	90.30	12.00	0.06	0.05	0.18	0.03	0.08	0.14	0.05	0.04
	罫 2	緑釉罫	S	90.10	12.20	0.04	0.01	-	0.04	0.11	0.11	0.05	-
慶州天龍寺 址 [강형태 <sup>カンヒョンド</sup> ほか 2005]	罫	緑釉罫	S	74.20	25.60	-	0.09	0.12	0.01	0.14	0.10	-	-
浦項法光 寺址 [문환석 <sup>ムンファンソク</sup> ほか 2002]	罫	緑釉罫	X	70.20	28.50	0.47	0.10	0.08	-	0.02	-	-	-
榮州浮石寺 [강형태 <sup>カンヒョンド</sup> ほか 2005]	1038	緑釉罫	S	73.90	25.50	-	0.06	0.06	-	0.04	0.09	0.02	0.04
	1039	緑釉罫	S	72.50	27.20	0.05	-	0.08	0.11	0.20	0.59	-	-
	1040	緑釉罫	S	80.00	19.20	0.01	-	0.08	-	0.13	0.13	0.33	-

とがある [이한형<sup>イハンヨン</sup>ほか 2011]。

ただし緑釉菱形埴について、同一遺跡で出土した緑釉神将埴埴 (SC001, SC313, SC-A-3) と緑釉鬼面瓦 (SC003, SC004) の主要元素とは成分の比率が異なっていることが確認されており、注目される。国立慶州文化財研究所で緑釉神将埴埴 (図 17) と緑釉菱形埴埴に対するゼーゲル式 (Seeger formula) の分析を行った結果 (2018 年)、両地間で現れる釉薬の成分が明確に区別されることが分かった。これらは全体的に PbO の成分が高く、ゼーゲル式が低い値で確認された。緑釉菱形埴埴は釉薬の溶剤として作用する塩基性酸化物 (RO + R<sub>2</sub>O) に属する PbO の含有量が非常に多く、中性酸化物である R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量に影響を及ぼす Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 成分が検出されないという特徴のあることが報告されている [国立慶州文化財研究所 2018]。



図 17 緑釉神将埴埴 統一新羅  
慶州四天王寺出土 国立慶州博物館蔵

## V. 考察ならびに結論

本章では、文献記録と自然科学分析資料を活用して韓中日の釉薬製造方法を類推してみたい。これまでの研究を総合的に検討し、古代鉛ガラスと緑釉の特性を考察する。

### 1. 文献記録と化学組成を基礎とした釉薬の製造方法

現存する国内の文献史料では、緑釉の製造方法についての記録が確認されない。しかし 8 世紀前半の日本の奈良三彩に関する製作と釉薬に関連する記録が残っており、緑釉の製作方法を類推することができる。

「造仏所作物帳」続修 34 卷

用黒鉛 199 斤 熬得丹小 234 斤  
 緑青小 17 斤 8 両 丹和合料  
 赤土小 1 斤 4 両 1 升丹和合料  
 白石 60 斤 丹和合料  
 猪脂 1 升 鉛熬調度  
 塩 2 升 7 合 鉛腊料  
 膠 2 斤 4 両 丹并緑青等合和料  
 紗 4 尺 丹篩料  
 絶 3 尺 石篩料  
 葛布 6 尺 土篩料

上記文献は、「造仏所作物帳」(以下、正倉院文書)

表 6 造仏所作物帳に記録された三彩釉薬の化学組成 (wt.%)

区分	化学組成	PbO	SiO <sub>2</sub>	CuO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
透明釉		56.0	44.0	-	-
緑釉		54.0	43.0	3.0	-
褐釉		55.8	43.9	-	3.0

で天平 5 年 [733 年] から 1 年にわたる興福寺西金堂の造営に関連する記録として知られている。この文書には三彩の製作方法が明示されており、粘土の採取と釉薬製造法などが確認される。黒鉛は金属である鉛を溶解させて酸化させたもので、鉛丹 (PbO) を作る。この鉛丹と化合し、ガラス質を作る材料に白石、緑青、粘土、塩、<sup>にかわ</sup>膠が使用されており、白石は珪石と推定され、これらが融合して鉛ガラスになる。そして緑青 (CuO) が緑色、赤土 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) が褐色を帯びる色調節剤で、使用して透明釉、緑釉、褐釉を作ったと考察されている [巽 1985:43-44]。

日本の山崎一雄は正倉院文書を利用した釉薬の再現実験を行い、次のような表 6 を提示している。文書に記録された鉛丹、白石、緑青、赤土は、それぞれ PbO、SiO<sub>2</sub>、CuO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と仮定されている [山崎 1998]。この実験で三彩釉薬の成分分析した結果、PbO 54 ~ 55.8wt.% と確認されている。

次の図 18 は中国と日本で出土した三彩と緑釉陶器釉薬の成分分析の結果を基にして、PbO の含有量分布図を作成したものである。中国河南省鞏義窯で出土した 7～10 世紀と推定される 129 点の鉛釉陶器釉薬に含まれる PbO の含有量は、30.43～57.13wt.% に分布しており、平均値は 48.56wt.% である。PbO 50wt.% 台 48%、40wt.% 台 44%、30wt.% 台 8% と確認された [河南省文物研究院・中国文化遺産研究院・日本奈良文化財研究所 2016]。日本の 8～11 世紀に作られた 96 点の緑釉陶器釉薬の PbO は 30.4～70wt.% で、平均値は 52wt.% である。PbO は 50wt.% 台 52%、60wt.% 台 22%、40wt.% 台 18% と確認されている [山崎 1998]。

一方で、正倉院文書には三彩を製作するために土と木を採取する規模と場所、運搬に使用する車の規模と人力の賃金等が明示されているが<sup>(図 5)</sup>、釉薬の主原料として使用される鉛の採取場所についての言及は確認されない。今回調査した鉛の方鉛石産地分析では、中国の場合は河南省鞏義窯＝中国北部、日本の場合は日本＝日本、百済の場合は百済＝慶畿陸塊西部 (zone 4) と確認されており、大体においてガラスと釉薬を製作していた場所と比較的近い所から鉛を持ってきたものと推測される。

しかし新羅は慶州四天王寺址と慶州浮石寺を除いて、東北アジアから外れた地域から鉛を輸入した可

能性が高い。また、四天王寺址の緑釉神将鬘博と緑釉菱形博はそれぞれ違う場所で鉛を採取したとみられ、同一時期に同じ場所で作られた可能性は低いだろう。正倉院文書には、三彩に使用された胎土採取場所は肩野と記録されており、この地は現在の大阪府交野市と推定されている。この奈良から比較的遠い所で土を採取しているという点に基づいて、粘土を厳選して運んだものと考察されている [巽 1985]。このような状況と対照してみると、統一新羅の緑釉瓦博に使用された鉛が韓中日以外の国からもたらされたという結果は、当時の需要供給状況および国際関係に関係しているとみなければならないだろう。

以上の結果を通して、「造仏所作物帳」が作られた時期に釉薬の鉛含有量は 50wt.% 台の比率であったことが観察される。これは当時記録に残してまで維持するために努力したものと推測される。しかし、この正倉院文書は日本の奈良三彩、すなわち陶器の成分と品質を維持するために作成されたものであり、瓦博の化学組成まで考慮したものではない。中国と日本では、三彩や緑釉など陶器の成分分析が活発に行われているが、瓦博の研究が活性化していない。そして、統一新羅時代の緑釉瓦博は 64～90wt.% の高い鉛含有量がみられるが、緑釉および褐釉陶器に対する分析がなされていないという問題がある。

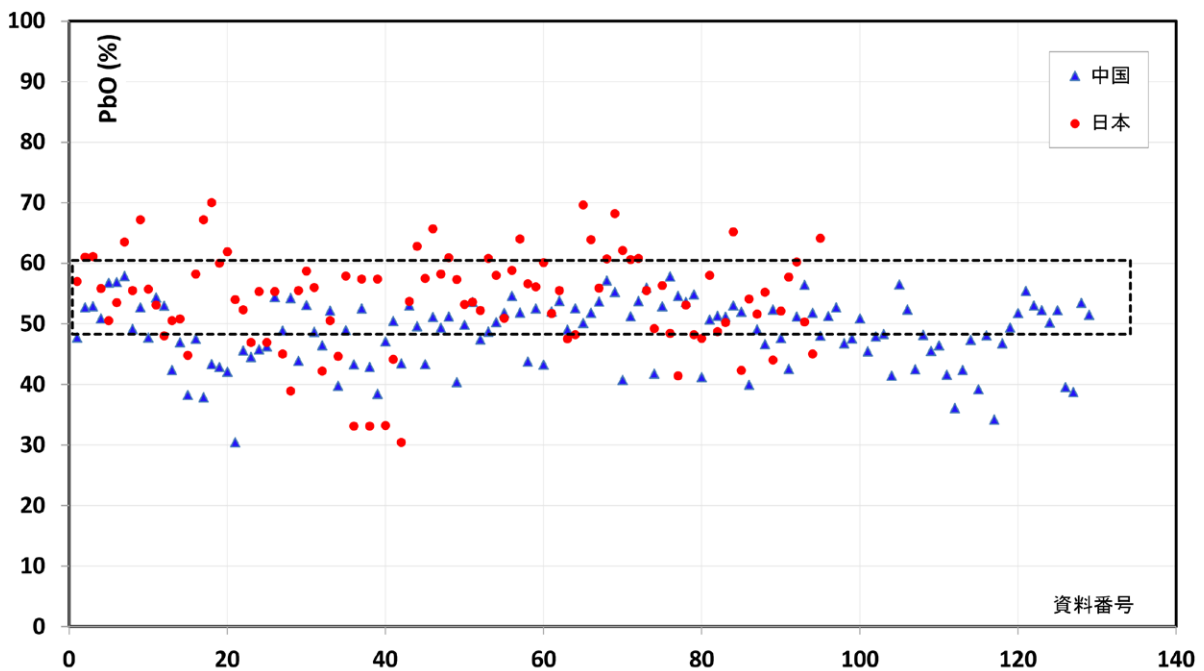


図 18 中国・日本の窯から出土した鉛釉陶器の PbO 含有量分布図





図 19 埴塼 日本 9世紀 高さ 10.7cm  
石作窯出土 京都文化博物館



図 20 ガラス埴塼 百濟 高さ 15.8cm  
益山王宮里遺跡出土 国立扶余文化財研究所蔵

## 2. 古代鉛ガラスと緑釉の特性

古代東北アジアで製作された鉛ガラスと緑釉の特性は、次の2つに整理される。

第一に、百濟、新羅、高句麗と中国、日本で作られた鉛ガラスは、組成成分と配合比率など製造技術の共有がなされたものと判断される。これらの国から出土した鉛ガラスの主要元素比率は  $\text{PbO}$  70wt.%、 $\text{SiO}_2$  30wt.% の高鉛ガラスが共通して確認される。そして中国の唐三彩を模倣して作った日本の奈良三彩の製作は「造仏所作物帳」に記録されており、当時日本の唐の文物に対する認識を垣間見ることができる。この文書には釉薬に使用された材料をはじめとして、斤・両・升の度量衡重量単位まで記載しており、より正確かつ厳格に管理されたとみられる。また中国と日本の窯から出土した三彩と緑釉の  $\text{PbO}$  含有量分布図は正倉院文書に依拠しており、奈良三彩が唐三彩の影響で製作されたことを示す資料である。

第二に、鉛ガラスは釉薬の製作と関連がある。現在まで化学組成に対するデータベースは非常に限定的に研究されており、鉛ガラスと釉薬の関係を明瞭に明らかにすることは困難である。しかし、百濟の益山弥勒寺址と王宮里遺跡で出土した鉛ガラス、ガラス埴塼、釉薬に対して調査された鉛同位体比を通して産地分析をすると、大部分が益山地域から遠く離れた京畿陸塊西部地域 (zone 4)、一部が京畿陸塊東部地域 (zone 3) から採取された鉛を持ってきて使用している点からみて、当時ガラスと釉薬を作っ

た職人間で一定の交流関係があったと推測することができる。

そして鉛や釉薬を溶かす道具の使用は、東北アジアで釉薬とガラス製作技術の交流がなされていたことに裏付けを与える。山崎一雄は正倉院文書の末尾で欠けて無くなった部分を鉛丹や釉薬を溶かした埴塼の土を記載していたと主張しているが、その根拠として砲弾型の埴塼が平城京と平安時代の緑釉窯である京都市西京区のおじお小塩窯、名古屋緑区の熊ノ前窯などで出土していることを提示している (図 19)[巽 1985:44]。このような埴塼は、中国の代表的な三彩窯である陝西省長安れいせんぼう醴泉坊窯で発見されている。韓国国内では緑釉を製作した窯跡の発掘事例が不足している関係で確認がされていないが、百濟の益山王宮里と弥勒寺址、扶余官北里遺跡で出土しているガラス埴塼 (図 20) がその形態と用途において似ている。

以上をとおして、東北アジアでの鉛ガラスと緑釉は材料の配合比率 (すなわち鉛と石英 ( $\text{SiO}_2$ ) 比率)、鉛の産地、そしてガラスを製造するのに使用される埴塼の類似性が確認された。技術交流と共に国際交流関係の影響についても見ることもできる重要な資料である。

本研究は直接的に実験や分析を実施したものではなく、現在まで個別に実施されてきた分析資料を基にして、韓国をはじめとして中国、日本で出土した遺物に至るまで含めて比較研究し、総合的に検討をしたという次元において意味がある。しかしながら、



本研究の論旨が全般的に人文科学的観点から保存科学の分析資料を活用したため、多くの限界があったと考えられる。今後、分析資料の蓄積と活用と共に、異なる学問分野の連携が活発になされれば、鉛ガラスと緑釉の関係がより立体的に明らかになると期待される。

訳註：

訳 1) 資料番号 20 の資料について、<sup>106</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb と <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb の値を著者確認の上、訂正している。したがって、同表 3 の推定産地部分も訂正されている。(ただし翻訳であるので図 11、12 は差し替えておらず、原報告の数値で作成された図である)。

訳 2) 飛鳥池出土資料について、No.21 と No.23 が原文では「三彩」となっているが、引用元の奈良文化財研究所・河南省文物考古研究所 [2011] に従い「緑釉」に訂正した。

訳 3) 原文にはその後に下記一文があるが、著者の意向により削除した。(「今回の調査を通して、韓国南部産鉛を使用した中国製製品が日本に渡ったことを確認することができるが、これは今後、中国の窯出土品との比較研究が必要である。」)

訳 4) 原文は「14.1cm」と誤植。

訳 5) 問題の記事は正倉院文書統修 32 巻と 34 巻であり、本論文中には 34 巻の一部のみ出ている(本稿 p.16)。参考のために統修 32 巻を付記する(数字は算用数字)。

統修 32 巻

甕坏料土 2050 斤 自肩野運車 5 両

賃銭 400 文 車別 80 文

甕坏焼料薪椽 374 村 自山口運車 67 両

賃銭 1 貫 474 文 車別 22 文

なお、山崎 [1998] に加えて、巽 [1985] 所収の下記も参照されたい(橋本義則 1985 「奈良時代の土器生産と流通—文献史料を中心に—」『陶磁』:86-89)

参考文献(出版年順、同年著作は五十音順)：

馬淵久夫・平尾良光 1983 「鉛同位体比法による漢式鏡の研究(2)」『MUSEUM』382, 東京国立博物館: 16-30.

巽淳一郎 1985 『陶磁(原始・古代篇)』(日本の美術 235), 至文堂.

Mabuchi Hisao, 1985, The lead isotope systematics in Asia and near East, *Grant Report to the*

*Ministry of Education, Science and Culture, Japan(No.58540374-59540377).*

馬淵久夫・平尾良光 1987 「東アジア鉛鉱石の鉛同位体比法」『考古学雑誌』73-2, 日本考古学会: 199-210, 245.

山崎一雄 1998 「緑釉と三彩の材料と技法」『日本の三彩と緑釉：天平に咲いた華』(五島美術館展覧会図録 121), 五島美術館: 12-19.

東国大学校・慶州キャンパス博物館 2002 『慶州皇南洞 376 番地統一新羅時代遺跡』東国大学校・慶州キャンパス博物館. [ 동국대학교・경주캠퍼스 박물관 『경주 황남동 376 번지 통일신라시대 유적』 동국대학교・경주캠퍼스 박물관.]

문환석・한민수・황진주・金鎬詳김호상 2002 「浦項法広寺址緑釉瓦の自然科学的調査」『古文化』60: 101-120[「浦項 法廣寺址 出土 緑釉瓦의 自然科学的 調査」『古文化』60 한국 대학 박물관 협회.]

姜炯台강형대・정광용・허우영・김성배・조남철 2004 「益山王宮里遺跡鉛ガラス成分組成と鉛同位体比」『韓国上古史学報』45, 韓国上古史学会: 31-48[「익산 왕궁리유적 납유리의 성분조성과 납동위원소비」『한국상고사학보』45.]

姜炯台강형대・정영동・曹宰榮조재영・金鎬詳김호상 2005 「統一新羅時代緑釉磚の緑釉の特性—浮石寺、天龍寺址および法光寺址の緑釉磚」『先史と古代』25, 韓国古代学会: 211-222. [「통일신라시대 녹유전돌(綠釉磚)의 녹유 특성-부석사, 천룡사지 및 법광사지 녹유 전돌」『先史와 古代』25.]

金奎虎김규호・平尾良光・韓松伊한송이・魯禔玟노제현・金那瑛김나영・林德洙임덕수 2007 「益山王宮里遺跡関連のガラス及びルツボの鉛同位体比分析」『王宮の工房』II—琉璃篇(国立扶余文化財研究所學術研究叢書 44), 国立扶余文化財研究所: 74-118. [「익산 왕궁리유적 관련 유리 및 坩堝의 납동위원소비」『왕궁의 공방 II - 유리편』국립부여문화재연구소.](日韓双語)

国立扶余文化財研究所 2007 「王宮のガラス工房」『王宮の工房II—琉璃篇』(国立扶余文化財研究所學術研究叢書 44), 国立扶余文化財研究所: 10-71. [국립부여문화재연구소 「왕궁의 유리공방」『왕궁의 공방 II - 유리편』국립부여문화재연구소.]

金炫廷김현정・김수기 2007 「宝物第 1167 号清

州雲泉洞出土の統一新羅梵鐘の形態と保存科学的特性の考察『文化財』40, 文化財管理局: 357-386. [「보물 제 1167 호 청주 운천동 출토 통일신라 범종의 형태와 보존과학적 특성 고찰」『문화재』40, 문화재 관리국.]

조남철·허우영·金鎬祥 김호상·姜炯台 강형태 2007 「慶州靈廟寺綠釉磚の綠釉の特性」『湖南考古學報』27, 湖南考古學會: 129-142. [「경주 靈廟寺址 녹유전의 녹유 특성」『호남고고학보』27, 호남고고학회.]

谷一尙 2010 「古代ガラスの製作と伝来」『百濟仏教文化の宝庫、弥勒寺』學術シンポジウム論文集: 194-203. [「고대 유리의 제작과 전래」『백제 불교문화의 寶庫 미륵사 - 학술심포지엄 논문집』]

이한형·정민호·문은정·박지연·김수경·최장미·한민수 2011 「慶州四天王寺址綠釉磚の綠釉特性研究」『文化財』44-3 文化財管理局: 112-131 [「경주 사천왕사지 녹유전의 녹유 특성 연구」『문화財』44-3 문화재 관리국.]

奈良文化財研究所·河南省文物考古研究所 2011 「關於古代日本·中国鉛釉陶器釉藥的鉛同位素比值測定」『華夏考古』2011-2: 148-152.

王洪敏·潘偉斌·朱鉄権 2011 「安陽北朝墓出土鉛釉陶的分析研究」『中国国家博物館』2011-12: 128-133.

정연중 ほか 2012 『韓半島方鉛石鉛石調査ならびに鉛同位体基礎研究』国立文化財研究所. [『한반도 방연석 광석 조사 및 납동위원소 기초연구』 국립문화재연구소.]

Jeong Youn-Joong, Cheong Chang-sik, Shin Dong-bok, Lee Kwang-Sik, Jo Hui-Je, Gautam Mukesh Kumar, 2012, Insung Lee, Regional variations in the lead isotopic composition of galena from southern Korea with implications for the discrimination of lead provenance, *Journal of Asian Earth Sciences* 61, Elsevier Science: 116-127.

李知禧 이지희 2013 『統一新羅時代鉛釉陶器研究』忠北大學校考古美術史學科修士論文. [『통일신라 시대 연유도기 연구』 충북대학교 고고미술사학과 석사학위논문.]

平尾良光·飯沼堅司·村井章介 2014 『大航海時代の日本と金属交易』(別府大学文化財研究所企画シリーズ 3: ヒトとモノと環境が語る) 思文閣出版.

정연중·정장식·최정윤·안유미·한민수·황진주·김소진 2015 「韓半島南部地域金属鉛床の鉛同位体比広域分布図の作成」 [「한반도 남부지역 금속광상의 납동위원소비 광역 분포도 작성」『대한지질학회 학술대회』: 319-366.

河南省文物研究院·中国文化遺產研究院·日本奈良文化財研究所編 2016 『鞏義黃冶窑』科学出版社.

한민수·김소진 2017 「益山弥勒寺址石塔舍利孔内で出土した古代鉛ガラス遺物の成分特性分析」『韓國鈹物学会誌』28: 187-193. [「익산 미륵사지 석탑 사리공 내 출토 고대 납유리 유물의 성분특성 분석」『한국광물학회지』28.]

国立慶州文化財研究所 2018 『四天王寺綠釉神將壁磚復元報告書』 [국립경주문화재연구소 2018 『사천왕사 녹유신장벽전 복원 보고서』]

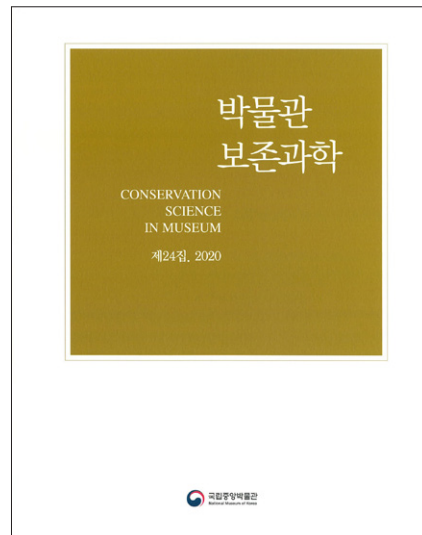
金炫廷 2019 「古代東亜細亜青銅器材料の使用與原産地問題」『二届中韓考古研究生論壇』赤峰學院博物館學術報告庁: 175-193.

原載:

이지희·김현정 2020 「분석자료를 기초한 고대 납유리와 녹유의 특성 연구」『박물관 보존과학』제 24 집, 국립중앙박물관: 99-116. [李知禧·金炫廷 「本稿同題」『博物館保存科学』24 輯 国立中央博物館]

公開先:

<http://doi.org/10.22790/conservation.2020.24.0099>



**Abstract:**

This study examines the results of analyses of the lead isotope ratio and chemical composition of lead glass and green glaze from ancient Northeast Asia in order to suggest their production sites and reveal further characteristics. The comparison of the lead isotope ratio of lead glass and green glaze from two Baekje remains in Iksan—the Wanggung-ri Site and Mireuksa Temple Site—suggests that they were produced to the west of the South Gyeonggi Massif (Zone 4) using lead extracted from the same area. With a few exceptions, it has proved difficult to identify the production sites of most of the green-glazed roof tiles from Unified Silla-period Buddhist temples across Northeast Asia. The major component of the lead glass from Baekje, Silla, China, and Japan during the seventh century is PbO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, with a ratio of PbO and SiO<sub>2</sub> of 70 and 30 wt.%, respectively. The green-glazed roof tiles excavated

from a temple from the Unified Silla period have a high proportion of lead, ranging from 64 to 90 wt.%. Green-glazed lozenge tiles excavated from the Sacheonwangsa Temple site in Gyeongju were shown to contain PbO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and CuO, a similar composition with lead glass. An experiment was conducted to reproduce a glaze according to the production method mentioned in the Zō hotokesho sakumotsu-chō (Buddhist statue workshop crop book) in the Shosoin Repository. In this experiment, an identical ratio of PbO was observed for Japanese green-glazed ceramics from the eighth to eleventh century as that found in Chinese lead-glazed ceramics excavated from kilns operated from the seventh to tenth century in Henan. This indicates that production methods for lead glass and glaze were shared across Northeast Asia.

**Keywords :** Lead Glass, Green Glaze, Database, Lead Isotope Ratio, Chemical Component

**翻訳後記 :**

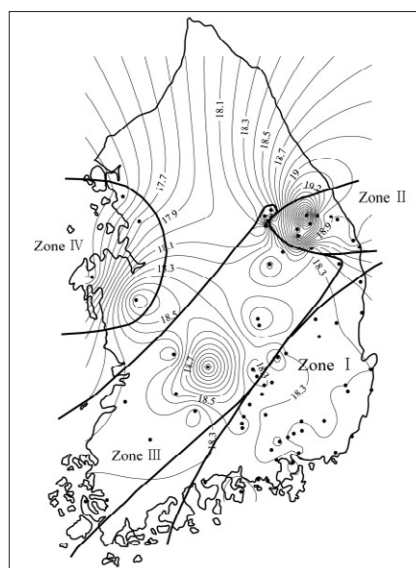
このたび、李知禧・金炫廷氏の報告を翻訳させていただいた。訳出した理由は、日韓の技術交流関係を探るうえで重要と考えたためである。上掲参考文献に含まれている国立扶余文化財研究所が刊行した『王宮の工房Ⅱ—琉璃篇』においては、日本の調査と研究状況に目が配られていたが、日本側も韓国側の調査状況を把握する必要があり、本稿は三国時代から統一新羅期までの資料を対象としていたことが特徴であったので、訳出することにした。

訳出にあたり、ここで補っておきたいのは、KOPLIDのゾーン1～4を地図上で示した図である。정연중 (Jeong Youn-Joong) 氏の英文報告は上掲参考文献のとおりであるが [Jeong Youn-Joong *et al.* 2012]、本訳文の表1地域名のみで読者に地理的位置が伝わるか不明であったため、補足することにした。

また KOPLID に関しては、国立文化財研究所の名で出ている全文公開された基礎報告があるため、付記しておく。(訳者)

国立文化財研究所 2013 『韓半島鉛同位体広域分布図の製作』 . [ 국립문화재연구소 『한반도 남동위원소 광역분포도 제작』 ] 公開先 : <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201400012904>

国立文化財研究所 2010 『韓半島における鉛同位体分布の研究』 . [ 국립문화재연구소 『한반도 남동위원소 분포 연구』 ] 公開先 : <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201200010631>



韓半島南部における鉱山の位置と方鉛石ゾーンの地理的境界 (● : 鉱山位置, 等高線 : <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb) [Jeong Youn-Joong *et al.* 2012: 125, fig.6]