古代ガラスの化学分析から何がわかる
正倉院のガラス玉と平等院のガラス玉の関係は？

古代ガラスの分析　―平等院のガラス玉―

平等院鳳凰堂の平成大修理（平成16年）で本尊阿弥陀如来の台座華盤の内部から多数のガラス玉が発見された。日本のガラス史において平安から室町時代は資料が極端に減少し、化学分析例も少なく、極めて貴重な資料であることから、蛍光X線による非破壊組成分析をおこなった。

台座から秘宝ザクザク
ガラス玉など630点
平等院鳳凰堂 阿弥陀如来坐像
「頼通の隆盛示す」

▲ 2005年9月17日 読売新聞

ガラス玉 藤原氏の家宝？
平等院鳳凰堂の3点 正倉院宝物と酷似

▲ 2010年12月25日 読売新聞

分析の結果、ガラスはすべて鉛を高濃度に含む鉛ガラスで、その組成から以下に示すように、カリ鉛ガラスと鉛ケイ酸塩ガラスの2種類があることがわかった。

➢ **カリ鉛ガラス（$PbO\text{-}K_2O\text{-}SiO_2$）**

分析を行ったうち90%以上が鉛の他にカリウム（K）を主成分として含んでいた。中国で7世紀頃から製造が始まり、宋代（960-1279年）に広まったタイプである。

➢ **鉛ケイ酸塩ガラス（$PbO\text{-}SiO_2$）**

分析した試料の1割がこのタイプ。7世紀末から国内で製造され8世紀の奈良時代に広く流通したガラスである。

日本でカリ鉛ガラス玉の使用が確認された例としては最も早い

使用した蛍光X線分析装置
（中井研究室とアワーズテック(株)で共同開発。ポータブル装置としては世界最高性能を持つ。）

東京理科大学中井研究室による平等院での分析風景

正倉院所蔵の玉との比較

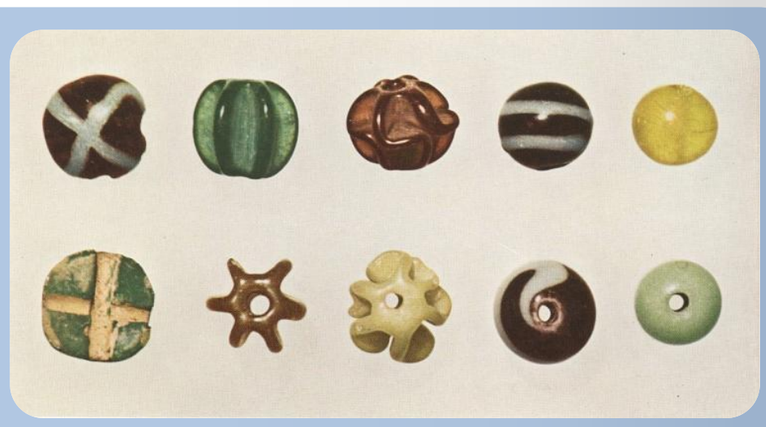
奈良時代に作られた玉が引き継がれた or 製法が伝わった

鉛ケイ酸塩ガラスの玉の中に、正倉院所蔵のガラス玉と外見上よく似ているものがあった（右図）。「平等院のガラス玉」の右端は、ガラス製丸玉に白色の色ガラスをまいたものでトンボ玉と呼ばれ、中央と左は、ねじり玉と呼ばれる特徴的な形状を持っている。

そこで化学組成による比較を行った（表1）。どちらも鉛（PbO）を70%含み、他の成分の組成も近い。また、緑色のものはそれぞれ1%程度の鉄（Fe_2O_3）と銅（CuO）を含んでおり、緑色着色の起源も同一であることから、同一の技術で作られたものである。

奈良時代（710-784年）の正倉院の玉と類似した玉が平等院鳳凰堂（1053年落慶）から出土したことは謎である。奈良時代の製造技術が平安時代まで伝えられたのか、それとも光明皇后ゆかりの藤原家で大切に保管されていたものが使われたのか ― 2つの説が考えられ、興味深い発見となった。

▲ 平等院のガラス玉



▲ 正倉院所蔵の雑色瑠璃玉
（本正倉院展で展示中）

表1　平等院の玉と報告されている正倉院の玉の分析値[1)]との比較

PbO濃度は近い　　Fe_2O_3とCuOを加え濃緑色にしている

	試料名	色	密度測定	化学組成/wt%									
				PbO	SiO_2	Na_2O	MgO	Al_2O_3	P_2O_5	K_2O	CaO	Fe_2O_3	CuO
平等院	E-11	黄緑	5.29	70.0	26.0	0.1	0.3	0.7	1.6	0.4	0.3	0.1	0.4
	E-12	深緑と白	5.23	67.9	23.6	0.4	0.7	1.2	2.7	0.6	0.5	1.4	1.0
正倉院	1	黄	5.2	73.6	24.1	0.22	0.27	0.06	–	0.08	0.39	0.14	0.16
	2	褐	5.3	72.6	23.7	0.1	0.57	0.13	–	0.18	0.26	0.97	0.19
	3	赤褐	5.3	73.6	24.8	0.11	0.36	0.3	–	0.1	0.26	0.69	0.55(Cu_2O)
	4	濃緑	5.3	71.9	24.7	0.12	0.06	0.31	–	0.09	0.71	1.08	1.44
	5	濃褐	5.3	73.3	23.9	0.07	0.14	0.16	–	0.07	0.38	2.02	0.39
	6	緑色部分	5.3	72.6	23.5	0.15	0.15	0.15	–	0.13	0.34	1.15	1.36
		白色部分	–	67.4	31	0.2	0.53	0.24	–	0.12	0.15	0.17	0.42
	7	白	4.4	66	32.8	0.19	tr	0.19	–	0.19	tr	tr	0.35
	8	緑	4.2	72.4	23	0.28	0.21	0.47	–	0.25	tr	0.73	1.99
	9	緑	5.2	70.5	24.9	0.49	0.37	0.66	–	0.32	0.39	0.27	1.58
	10	淡緑	4.6	68.5	30.6	0.11	0.08	0.12	–	0.24	0.05	0.08	0.15

1) 正倉院事務所編集: 宮内庁蔵版『正倉院のガラス』、54 (1965).

謝辞：貴重なガラスを分析する機会をくださった、平等院住職神居文彰師に深く感謝する。測定でお世話になった学芸員の太田亜希・田中正流両氏に厚く御礼申しあげる。

参考文献：「平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品のガラス玉について」、白瀧絢子、中井　泉、井上暁子、『鳳翔学鳳叢』、第7輯、149-170 (2011).
「平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品のガラス片について」、中井　泉、白瀧絢子、井上暁子、『鳳翔学鳳叢』、第8輯、222-232 (2012).