

## 第4節 中原4号墳出土ガラス小玉の自然科学的調査

田村 朋美

### はじめに

中原4号墳からは多くのガラス小玉が出土している。今回、これらのガラス小玉232点(No.186～417)について、各種の自然科学的手法を用いてガラスの材質調査を実施した。以下、その結果について報告する。

### 1 調査方法

#### (1) コンピューテッドラジオグラフィ法

鉛を融剤としたガラス(鉛ガラス、鉛バリウムガラス、カリ鉛ガラスなど)の判別を目的としてX線透過撮影を実施した。本調査では、X線透過撮影法としてコンピューテッドラジオグラフィ法(Computed Radiography法:以下、CR法)を適用した。CR法は、従来のフィルムのかわりにイメージングプレート(Imaging Plate、以下、IP)を検出系に用いる方法である。用いた装置は、マイクロフォーカスX線拡大撮像システム(富士フィルム社製μFX-1000)とイメージングアナライザー(富士フィルム社製BAS-5000)である。IPにはBAS-SR2025を使用した。管電圧は40 kV、管電流は60 μA、露光時間は60秒であった。

#### (2) オートラジオグラフィ法

本調査では、カリウム(K)を多く含むガラス(カリガラス、カリ鉛ガラス)の判別を目的としてオートラジオグラフィ法(Auto Radiography法:以下、AR法)を実施した。IPは放射線に対して極めて感度がよく、微弱な放射線でも長時間暴露することで検出可能である。AR法は、物質から放射される放射線をフィルムやIPに記録して画像を得る方法であり、放射線の蓄積線量により画像の濃淡が異なる。カリガラスは一般に酸化カリウムを18%前後含有し、<sup>40</sup>Kに由来する放射線(ベータ線)を放射している。したがって、カリガラスとソーダ石灰ガラスをIP上に同じ時間だけ暴露した場合、得られた画像の中でより濃いものを、カリガラスとして識別することができる。

本調査では、以下の手順でAR法を実施した。まず、資料を直接上に置いたIPを、外部からの放射線を遮断するため、鉛製の遮蔽箱内に設置した。そして、遮蔽

箱の鉛に由来する放射線を遮蔽するため、IPの周辺を銅板で囲った。使用したIPはBAS-SR2025であり、暴露時間は168時間とした。また、比較のための標準試料として、日本岩石標準試料JB-1aとJG-1aの粉体圧縮ピース、およびBCR126A(IRMM(Institute for Reference Material and Measurement)標準物質)を同時に暴露した。これらの酸化カリウム(K<sub>2</sub>O)の含有量は、それぞれ1.4%、4.0%および10.0%である。暴露後、IPを取り出し、CR法と同様にイメージングアナライザーによりスキanningをおこない、AR像をデジタルデータとして取得した。

#### (3) 蛍光X線分析法

ガラス小玉の主要な構成成分とそれらのおおよその含有量を知るために蛍光X線分析を実施した。資料の測定箇所は、亀裂等が少なく、保存状態が良好と判断した部分を選定した。なお、測定に先立ち、土などの汚れは顕微鏡下でエチルアルコールを用いた洗浄をおこなった。測定結果は、測定試料と近似する濃度既知のガラス標準試料(CG-A、SG5、SG7、SGT5、NIST620)を用いて補正した理論補正法(Fundamental Parameter method、以下FP法とよぶ)により、検出した元素の酸化物の合計が100%になるように規格化した。

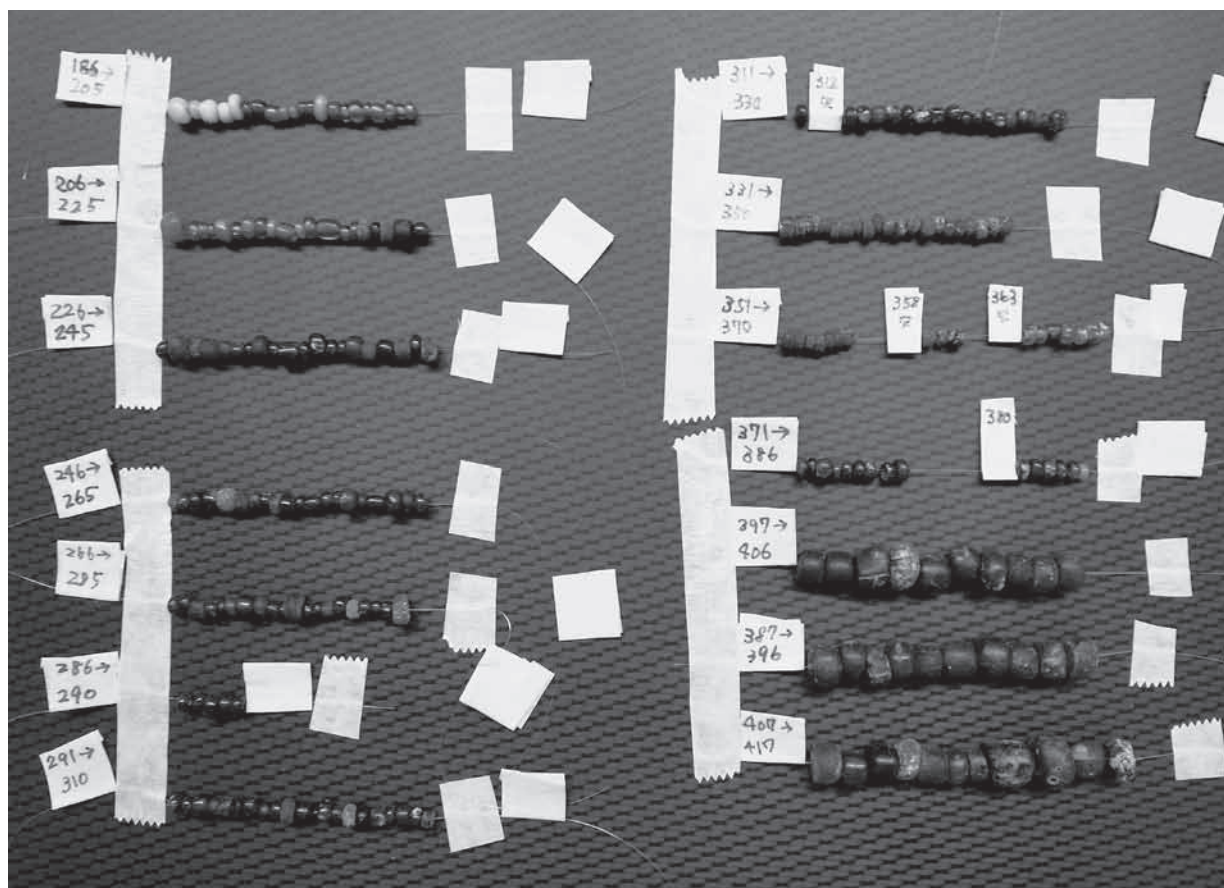
測定に用いた装置は、エネルギー分散型蛍光X線分析装置(エダックス社製EAGLE III)である。励起用X線源はMo管球、管電圧は、FP法を用いた定量分析では20 kVに設定し、一部の資料については20 keV以上のスペクトルを検出するため、50 kVに設定した。管電流は100 μA、X線照射径は112 μm、計数時間は300秒とした。なお、測定は真空中で実施した。

## 2 結果と考察

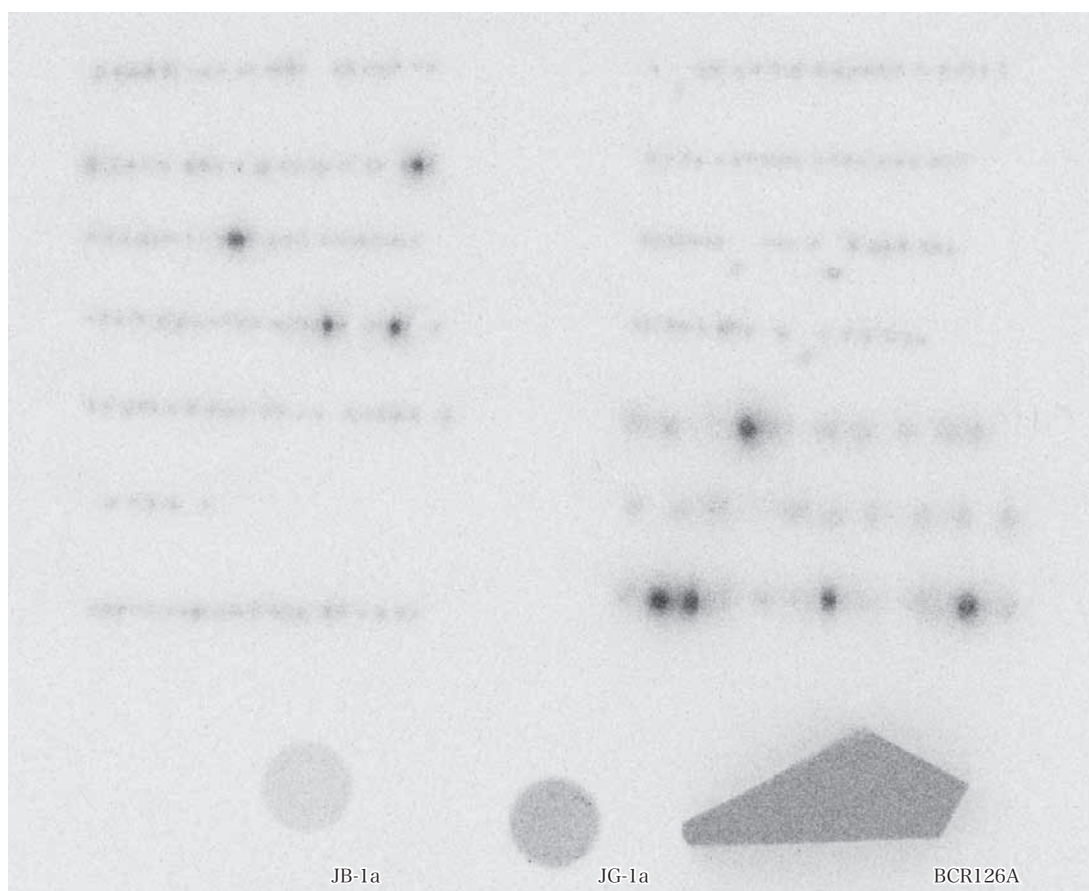
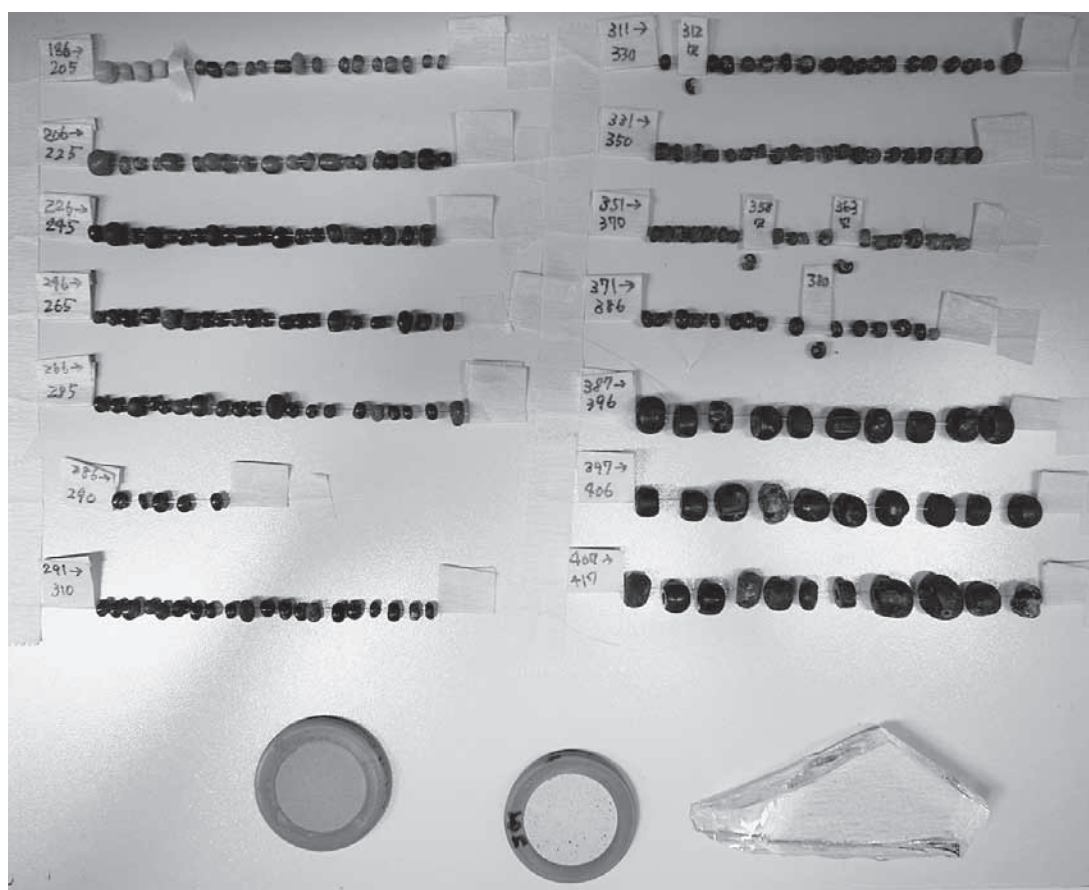
### (1) CR法・AR法による材質推定結果

CR法を実施した結果、X線の吸収が著しく大きい資料は認められなかったことから、いずれもアルカリケイ酸塩ガラスであると推定される(第175図)。

AR法を実施した結果、No.224、235、260、263、390、408、409、413、416の9点のみ比較資料の



第175図 CR法



第176図 AR法



BCR126A ( $K_2O$ : 10.0%) よりも濃い画像が得られた (第 176 図)。CR 法の結果と総合して、これら 9 点のガラス小玉はカリガラスの可能性が高いと判断される。一方、これら以外のガラス小玉の  $K_2O$  含有量は、比較資料の JB-1a と同程度、または JB-1a と JG-1a の中間程度と推定され、ソーダガラスと推定される。

## (2) 蛍光 X 線分析結果

以上の結果を踏まえて、蛍光 X 線分析を実施した。ただし、破片資料の No.312、358、362、363、380 は脆弱であり、真空中に置くことによって更なる破損が危惧されたため、蛍光 X 線分析は実施せず、CR 法および AR 法による材質推定にとどめた。また、鋳型法によって製作されたガラス小玉 (40 点) については、異なる種類のガラスが混合されている可能性があるため、化学組成による分類の評価は行っていない。以下、鋳型法以外のガラス小玉を対象として考察する。

### 1) カリガラスグループ

AR 法および CR 法によりカリガラスと推定された No.224、235、260、263、390、408、409、413、416 の 9 点は、蛍光 X 線分析の結果、 $K_2O$  の定量値が高い値を示し、カリウムを融剤としたカリガラスであることが確認された。さらに、これらは、カリガラスの中でも酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) 含有量が少なく、酸化カルシウム ( $CaO$ ) 含有量が多いタイプのカリガラス (Group PII) (Oga and Tamura 2013) に相当する。これまでの類例調査において、Group PI はコバルト着色の紺色カリガラスに、Group PII は銅着色の淡青色カリガラスに対応することが明らかとなっている。本資料は、すべてコバルト着色であり、基礎ガラスの化学組成と着色剤の組み合わせから、典型的な Group PI のカリガラスであると言える。なお、これらの紺色カリガラスは、コバルト原料の不純物と考えられる酸化マンガン ( $MnO$ ) を多く含有する。このことは、Group PI のカリガラスに用いられたコバルト原料の特徴と一致する。

### 2) ソーダガラスグループ

鋳型法以外のガラス小玉のうち、CR 法および AR 法の結果からソーダガラスと推定されたものは、蛍光 X 線分析でも矛盾しない結果が得られた。これらの資料について、ソーダガラスを細分する指標である酸化マグネシウム ( $MgO$ )、酸化カリウム ( $K_2O$ )、酸化カルシウム ( $CaO$ )、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) の含有量から、

既存のグループ (Group SI ~ SV) (Oga and Tamura 2013) への帰属を検討した。その結果、高アルミナタイプのソーダガラス (Group SIIB) に帰属すると判断されるもの 127 点、植物灰タイプのソーダガラス (Group SIIB) に帰属すると判断されるもの 45 点、ナトロン主体タイプのソーダガラス (Group SIV) と判断されるもの 2 点 (No.388、415)、帰属判断に疑問が残るもの 4 点 (No.264、389、400、414) に分類した。

高アルミナタイプのソーダガラス (Group SII) これらは、 $MgO$ - $K_2O$  のグラフ上で  $MgO$  が少なく  $K_2O$  が多く、かつ、 $CaO$ - $Al_2O_3$  のグラフ上で比較的  $Al_2O_3$  の多い特徴を有する。これらは、ほかにも  $TiO_2$  の含有量が他のグループに比べて相対的に多い。Group SII は着色剤や流通時期から Group SIIA と Group SIIB に分けられるが、本資料はすべて Group SIIB であった。なお、今回蛍光 X 線分析を実施しなかった破片資料についても、CR 法・AR 法による材質推定および製作技法と色調の類似性から Group SIIB に帰属する可能性が高いと推察される。

これらのガラスは色調と着色剤の種類が最も多様であり、着色に関与する成分によって、マンガンと銅で複合的に着色された濃青色～灰色のもの (85 点)、銅イオンによって淡青色～淡青緑色を呈するもの (34 点)、人工黄色顔料の錫酸鉛 ( $PbSnO_3$ ) によって黄色を呈するもの (5 点) (No.186 ~ 190)、銅イオンと錫酸鉛 ( $PbSnO_3$ ) によって複合的に着色され黄緑色を呈するもの (2 点) (No.194、214)、および鉄により黒色を呈するもの (1 点) (No.305) がある。

植物灰タイプのソーダガラス (Group SIII)  $MgO$  および  $K_2O$  の含有量がいずれも 1.5% よりも多く、かつ、低アルミナ ( $Al_2O_3 < 5\%$ ) 高カルシウム ( $CaO > 5\%$ ) であることが特徴である。いずれもコバルト着色の紺色ガラス小玉である。コバルト原料は、 $MnO$  含有量が少なく、 $CuO$  および  $PbO$  を 0.1% 前後含むタイプである。このような基礎ガラスの化学組成と着色剤の組み合わせは古墳時代後期に流通したガラス小玉に一般的なものである。Group SIII は、流通時期や製作技法の違いによって、Group SIIIA ~ C に分けられるが、本資料はすべて Group SIIIB と判断される。

ナトロン主体タイプのソーダガラス (Group SIV) No.388 および No.415 の 2 点が該当する。Group SIV



は、MgO および K<sub>2</sub>O の含有量が少ないタイプのソーダガラスだが、典型的なナトロンガラス (Group SI) と比較すると K<sub>2</sub>O の含有量が多いことや、CaO 含有量がやや少ない傾向が認められる。さらに、これらのガラス小玉はコバルト着色による紺色ガラス小玉であり、MnO 含有量が多く、CuO および PbO の含有量が極めて少ないタイプのコバルト原料が用いられている。このような着色剤の特徴も、これまでに知られる Group SIV の類例と矛盾しない。

その他 今回、蛍光 X 線分析を実施した資料のうち、No.264、389、400、414 の4点については、既存のグループに帰属させることに疑問が残った。いずれも紺色を呈するガラス小玉である。これらは、低 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、高 CaO タイプのソーダガラスであるが、MgO と K<sub>2</sub>O 含有量の両方またはどちらか一方が Group SI や Group SIV としては多いが、Group SIII としては少ない。一方、着色剤の特徴については、MnO 含有量が比較的少なく、CuO および PbO を 0.1～0.2% 含有することから、Group SIIIB に用いられるコバルト原料の特徴と一致する。全体としては、Group SIIIB との共通項が多い印象を受けるが、現段階では判断を保留した。

#### 参考文献

Oga and Tamura 2013 Ancient Japan and the Indian Ocean International Sphere: Chemical Compositions, Chronologies, Proveniences and Trade Routes of imported glass beads in the Yayoi-Kofun Periods (3<sup>rd</sup> Century BCE- 7<sup>th</sup> Century CE) , *Journal of Indian Ocean Archaeology* No.9, pp.34-60.

第11表 蛍光X線分析結果一覧

番号	製作技法	材質		着色材	色調	重量濃度 (%)																	
		大別	細別			Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	CoO	CuO	ZnO	PbO	Rb2O	SrO	ZrO2	
186	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	錫酸鉛	黄色不透明	16.2	0.3	7.8	68.3	0.1	2.2	2.2	0.47	0.08	1.30	0.03	0.03	0.01	0.95	0.00	0.01	0.05	
187	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	錫酸鉛	黄色不透明	17.4	1.3	9.1	64.0	0.1	1.7	2.8	0.49	0.12	2.30	0.05	0.02	0.01	0.54	0.00	0.02	0.03	
188	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	錫酸鉛	黄色不透明	11.4	0.8	10.7	68.4	0.3	2.3	2.7	0.33	0.05	1.85	0.03	0.06	0.01	1.02	0.01	0.05	0.07	
189	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	錫酸鉛	黄色不透明	14.2	0.8	10.5	66.1	0.2	3.2	2.1	0.42	0.04	0.81	0.01	0.02	0.01	1.45	0.01	0.05	0.15	
190	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	錫酸鉛	黄色不透明	18.0	0.8	8.9	64.6	0.5	2.6	1.8	0.39	0.05	0.84	0.02	0.02	0.01	1.49	0.01	0.03	0.07	
191	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	18.5	0.9	10.7	60.1	0.3	1.6	4.8	0.46	0.06	1.69	0.04	0.51	0.01	0.04	0.02	0.04	0.16	
192	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	16.5	0.4	8.1	66.7	0.2	2.0	2.9	0.44	0.29	1.52	0.03	0.76	0.01	0.03	0.01	0.03	0.10	
193	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	15.2	0.7	6.1	71.4	0.2	1.4	3.0	0.26	0.04	0.94	0.01	0.55	0.02	0.04	0.01	0.04	0.12	
194	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+錫酸鉛	黄緑色半透明	13.9	0.5	9.7	66.9	0.2	1.8	3.3	0.27	0.05	1.24	0.02	0.94	0.02	1.18	0.00	0.05	0.05	
195	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	16.2	0.9	10.2	64.4	0.2	1.9	2.8	0.45	0.08	1.85	0.03	0.84	0.02	0.07	0.02	0.05	0.08	
196	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	15.7	0.4	7.8	67.9	0.1	2.2	2.9	0.46	0.25	1.24	0.02	0.66	0.00	0.07	0.03	0.06	0.16	
197	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	12.0	0.4	10.7	68.6	0.2	3.5	2.1	0.57	0.08	1.01	0.03	0.55	0.01	0.07	0.01	0.03	0.13	
198	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	19.4	1.0	10.5	60.5	0.3	1.7	4.1	0.42	0.05	1.54	0.04	0.47	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05	
199	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	17.6	0.3	7.4	67.3	0.1	1.9	2.8	0.51	0.09	1.09	0.03	0.67	0.01	0.03	0.01	0.03	0.05	
200	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	15.7	0.8	9.7	65.4	0.2	2.5	2.8	0.80	0.11	1.44	0.04	0.32	0.00	0.02	0.02	0.05	0.09	
201	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	16.2	0.5	8.0	66.4	0.2	2.5	3.3	0.44	0.07	1.28	0.02	0.75	0.02	0.04	0.03	0.03	0.20	
202	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.6	0.9	9.0	64.9	0.3	2.2	5.6	0.45	0.08	1.30	0.02	0.35	0.01	0.05	0.01	0.02	0.10	
203	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	15.0	0.6	8.2	67.7	0.2	2.6	3.3	0.44	0.09	1.22	0.03	0.51	0.01	0.06	0.01	0.02	0.06	
204	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	19.4	0.6	10.5	60.0	0.2	1.6	4.8	0.47	0.05	1.66	0.02	0.50	0.01	0.02	0.01	0.03	0.15	
205	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	15.5	0.6	8.2	64.6	0.2	1.9	5.8	0.39	0.07	1.98	0.03	0.67	0.01	0.02	0.00	0.04	0.02	
206	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	19.0	0.5	10.6	62.9	0.1	2.1	2.3	0.50	0.05	0.92	0.02	0.63	0.01	0.22	0.01	0.05	0.20	
207	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.9	0.7	8.6	64.8	0.2	2.2	6.0	0.47	0.08	1.36	0.03	0.35	0.01	0.05	0.01	0.04	0.13	
208	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	10.3	1.0	11.1	68.2	0.4	4.3	2.1	0.43	0.09	1.27	0.03	0.46	0.01	0.03	0.02	0.05	0.13	
209	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	15.4	0.7	8.0	67.3	0.2	1.9	3.9	0.47	0.07	1.30	0.02	0.54	0.01	0.04	0.01	0.02	0.04	
210	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青緑色透明	18.5	0.5	5.5	68.8	0.1	1.3	1.3	0.59	0.11	1.83	0.03	1.04	0.01	0.21	0.02	0.04	0.09	
211	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	20.5	0.7	9.5	61.3	0.2	3.6	1.9	0.42	0.11	1.10	0.03	0.39	0.01	0.04	0.02	0.03	0.22	
212	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.1	0.7	8.8	69.4	0.2	2.8	1.6	0.40	0.10	0.70	0.02	0.83	0.01	0.12	0.02	0.04	0.08	
213	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	12.8	0.7	8.0	70.8	0.2	2.1	2.9	0.47	0.06	1.10	0.02	0.57	0.02	0.02	0.02	0.03	0.16	
214	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+錫酸鉛	黄緑色半透明	15.2	0.6	8.5	68.7	0.1	1.4	2.6	0.27	0.06	1.05	0.03	0.68	0.00	0.77	0.00	0.03	0.12	
215	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	20.3	0.6	8.9	62.2	0.2	2.4	2.5	0.80	0.12	1.36	0.04	0.44	0.01	0.05	0.01	0.04	0.06	
216	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.3	0.9	7.9	68.1	0.3	2.2	3.8	0.44	0.07	1.12	0.02	0.63	0.00	0.04	0.01	0.03	0.10	
217	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	19.6	0.4	7.4	65.5	0.1	2.1	2.6	0.46	0.05	1.00	0.02	0.48	0.01	0.03	0.01	0.04	0.10	
218	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	13.9	0.6	8.1	69.8	0.3	2.1	2.8	0.49	0.07	1.08	0.03	0.56	0.01	0.05	0.02	0.03	0.15	
219	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	18.7	0.9	10.5	60.3	0.3	1.6	4.7	0.46	0.06	1.68	0.03	0.52	0.02	0.01	0.01	0.04	0.06	
220	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	19.0	0.9	10.4	60.2	0.3	1.6	4.7	0.44	0.06	1.64	0.02	0.49	0.01	0.02	0.01	0.03	0.14	
221	鋳型				紺色	11.1	1.7	3.9	71.9	0.3	3.4	5.1	0.22	0.58	1.36	0.10	0.16	0.01	0.08	0.02	0.03	0.07	
222	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	17.1	0.5	8.4	65.3	0.1	1.9	2.7	0.44	0.57	1.40	0.03	1.14	0.01	0.17	0.02	0.03	0.14	
223	鋳型				紺色	8.9	2.7	3.5	73.8	0.4	1.7	6.3	0.20	0.26	1.57	0.12	0.16	0.02	0.10	0.02	0.04	0.08	
224	引き伸ばし	カリ	PI	コバルト	紺色透明	0.8	0.5	2.3	76.9	0.3	13.7	1.6	0.26	2.46	0.97	0.09	0.04	0.01	0.04	0.02	0.03	0.06	
225	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	17.8	0.4	7.3	66.5	0.1	1.8	2.6	0.50	0.40	1.57	0.03	0.87	0.02	0.03	0.01	0.03	0.13	
226	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	21.6	0.6	7.5	62.1	0.2	1.9	3.6	0.38	0.39	1.26	0.03	0.42	0.02	0.02	0.01	0.03	0.00	
227	鋳型				紺色	7.1	2.9	3.6	74.0	0.4	2.5	6.9	0.22	0.23	1.62	0.10	0.14	0.01	0.10	0.03	0.04	0.12	
228	鋳型				紺色	16.5	4.5	3.2	66.0	0.4	1.9	5.9	0.12	0.36	0.87	0.05	0.06	0.01	0.04	0.01	0.04	0.09	
229	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	13.2	4.8	4.4	63.9	0.5	3.2	7.6	0.14	0.09	1.39	0.15	0.23	0.01	0.05	0.02	0.05	0.13	
230	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	16.6	3.8	2.8	66.9	0.2	2.0	5.6	0.20	0.23	1.18	0.09	0.12	0.01	0.08	0.01	0.06	0.15	
231	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	11.1	0.8	8.6	69.7	0.3	2.4	4.1	0.43	0.44	1.46	0.03	0.46	0.01	0.03	0.02	0.06	0.09	
232	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	17.8	0.4	8.2	65.1	0.1	1.8	2.6	0.47	0.59	1.38	0.03	1.08	0.02	0.17	0.01	0.03	0.18	
233	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	11.1	1.4	2.8	73.2	0.3	2.0	6.7	0.19	0.37	1.50	0.13	0.17	0.02	0.10	0.01	0.05	0.06	
234	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	15.6	1.0	8.6	66.1	0.2	2.4	2.5	0.51	0.45	1.38	0.04	0.87	0.01	0.09	0.01	0.03	0.12	
235	引き伸ばし	カリ	PI	コバルト	紺色透明	0.7	0.4	2.8	79.0	0.2	13.4	0.9	0.14	1.40	0.82	0.06	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.10	
236	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	15.3	0.9	9.3	65.0	0.4	2.2	4.0	0.42	0.41	1.40	0.03	0.43	0.01	0.04	0.01	0.03	0.17	
237	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	11.3	0.7	8.6															

番号	製作技法	材質		着色材	色調	重量濃度 (%)																
		大別	細別			Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	CoO	CuO	ZnO	PbO	Rb2O	SrO	ZrO2
262	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	12.5	0.5	8.5	69.0	0.3	2.4	3.9	0.42	0.45	1.40	0.03	0.46	0.02	0.02	0.02	0.13	
263	引き伸ばし	カリ	PI	コバルト	紺色透明	0.4	0.6	3.1	78.3	0.7	10.2	2.0	0.28	2.83	1.35	0.06	0.04	0.01	0.02	0.02	0.00	0.10
264	引き伸ばし	ソーダ	判断保留	コバルト	紺色透明	14.7	0.9	2.8	71.5	0.2	0.9	6.2	0.32	0.24	1.76	0.14	0.18	0.01	0.12	0.01	0.03	0.07
265	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	13.4	0.9	8.6	67.3	0.3	2.2	3.7	0.45	0.20	1.42	0.03	1.32	0.01	0.07	0.02	0.04	0.15
266	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	14.9	0.8	8.3	66.6	0.2	2.3	3.9	0.42	0.43	1.35	0.02	0.46	0.01	0.02	0.02	0.04	0.11
267	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	18.4	0.3	8.5	64.2	0.1	1.9	2.7	0.43	0.56	1.40	0.02	1.18	0.02	0.16	0.00	0.02	0.11
268	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	16.6	1.9	2.7	66.5	0.2	1.8	8.1	0.17	0.53	1.17	0.10	0.11	0.01	0.08	0.01	0.05	0.08
269	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.5	0.4	7.7	63.7	0.1	2.0	3.8	0.39	0.39	1.30	0.02	0.40	0.02	0.03	0.00	0.03	0.12
270	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	17.4	0.6	8.7	64.9	0.2	1.8	2.5	0.45	0.55	1.36	0.03	1.10	0.02	0.19	0.00	0.02	0.09
271	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	14.8	1.4	3.8	72.3	0.2	2.0	3.7	0.27	0.16	1.08	0.07	0.08	0.01	0.07	0.01	0.03	0.11
272	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	17.2	0.3	8.5	64.9	0.1	2.3	3.5	0.49	0.20	1.41	0.03	0.66	0.02	0.07	0.00	0.04	0.14
273	鋳型				紺色	15.1	3.4	3.4	67.1	0.4	2.5	6.0	0.21	0.13	1.34	0.07	0.13	0.01	0.10	0.01	0.02	0.11
274	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.5	0.8	7.9	63.4	0.2	1.9	3.7	0.39	0.40	1.29	0.02	0.42	0.01	0.02	0.02	0.04	0.08
275	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	18.5	0.7	8.5	64.1	0.2	1.8	2.5	0.42	0.53	1.33	0.02	1.11	0.02	0.16	0.02	0.03	0.10
276	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	16.2	2.8	3.6	65.4	0.3	2.1	7.6	0.18	0.35	1.08	0.09	0.09	0.01	0.09	0.01	0.03	0.06
277	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	20.5	0.5	7.6	62.6	0.1	2.0	3.9	0.40	0.41	1.33	0.02	0.43	0.02	0.04	0.01	0.03	0.11
278	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	14.8	0.3	8.8	66.4	0.2	2.1	3.0	0.56	0.63	1.52	0.04	1.23	0.02	0.18	0.02	0.03	0.09
279	鋳型				紺色？	12.2	3.1	3.2	70.0	0.3	2.5	6.5	0.23	0.20	1.27	0.09	0.13	0.01	0.10	0.01	0.03	0.05
280	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	20.3	0.4	7.5	63.4	0.1	1.9	3.7	0.39	0.39	1.25	0.02	0.41	0.01	0.03	0.01	0.03	0.11
281	鋳型				紺色	10.9	2.8	4.1	69.7	0.4	2.8	6.5	0.22	0.41	1.58	0.09	0.11	0.01	0.08	0.02	0.05	0.12
282	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	20.1	0.8	7.9	62.8	0.2	1.9	3.7	0.38	0.38	1.24	0.02	0.41	0.01	0.04	0.00	0.02	0.07
283	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	9.9	0.5	9.1	71.7	0.1	2.9	2.1	0.54	0.33	1.80	0.03	0.73	0.02	0.12	0.02	0.03	0.12
284	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.1	0.7	7.9	63.6	0.2	2.0	3.9	0.39	0.41	1.31	0.03	0.43	0.01	0.03	0.02	0.02	0.07
285	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	10.5	4.2	4.1	71.0	0.3	2.5	5.6	0.15	0.10	1.13	0.09	0.09	0.01	0.10	0.01	0.05	0.09
286	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	5.5	0.9	9.3	73.9	0.4	2.6	4.2	0.44	0.48	1.48	0.02	0.48	0.01	0.02	0.02	0.03	0.16
287	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	16.9	0.8	8.1	65.5	0.2	2.1	3.7	0.38	0.41	1.31	0.03	0.43	0.01	0.03	0.02	0.03	0.12
288	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	13.1	0.7	8.4	68.5	0.2	2.3	3.9	0.41	0.42	1.38	0.03	0.49	0.02	0.06	0.03	0.03	0.10
289	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.3	0.4	7.7	63.9	0.1	2.0	3.8	0.38	0.41	1.27	0.03	0.44	0.01	0.05	0.01	0.02	0.13
290	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	11.2	0.8	8.5	69.8	0.3	2.3	4.1	0.42	0.46	1.39	0.03	0.47	0.02	0.04	0.03	0.02	0.10
291	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	17.6	0.7	8.0	64.9	0.2	2.0	3.8	0.40	0.40	1.30	0.02	0.42	0.01	0.01	0.02	0.02	0.11
292	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.0	0.7	7.9	64.1	0.2	1.9	3.7	0.38	0.39	1.23	0.02	0.40	0.02	0.03	0.01	0.04	0.05
293	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	16.5	0.4	7.8	67.5	0.1	2.1	3.0	0.46	0.24	1.04	0.03	0.54	0.01	0.11	0.01	0.03	0.03
294	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	13.4	4.4	3.5	67.7	0.2	2.2	6.3	0.18	0.25	1.39	0.10	0.16	0.00	0.07	0.02	0.04	0.12
295	鋳型				紺色	8.7	3.0	5.8	71.6	0.4	2.1	6.2	0.25	0.14	1.36	0.10	0.14	0.01	0.04	0.02	0.04	0.11
296	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	8.6	0.9	9.1	71.5	0.3	2.4	4.2	0.43	0.44	1.44	0.03	0.46	0.01	0.04	0.02	0.02	0.08
297	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	14.6	0.7	8.4	67.1	0.3	2.2	4.0	0.41	0.41	1.35	0.02	0.41	0.02	0.00	0.00	0.02	0.13
298	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	18.1	0.4	10.9	61.7	0.1	4.0	2.0	0.32	0.29	1.10	0.02	0.84	0.01	0.03	0.02	0.03	0.07
299	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	14.5	0.7	8.6	66.9	0.3	2.2	4.0	0.42	0.42	1.34	0.02	0.45	0.01	0.03	0.02	0.04	0.08
300	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色	14.4	4.9	4.3	62.4	0.5	2.8	8.6	0.16	0.11	1.43	0.12	0.18	0.01	0.09	0.02	0.06	0.06
301	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	16.1	0.5	8.3	66.1	0.2	2.1	3.9	0.39	0.41	1.32	0.03	0.42	0.01	0.03	0.01	0.04	0.13
302	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.7	0.6	7.8	63.1	0.2	2.1	3.8	0.39	0.40	1.27	0.03	0.41	0.01	0.05	0.02	0.04	0.11
303	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	20.4	0.4	7.6	63.0	0.1	2.0	3.8	0.40	0.41	1.30	0.02	0.43	0.02	0.02	0.01	0.02	0.13
304	鋳型				紺色	13.4	2.2	3.4	70.1	0.3	2.7	5.7	0.21	0.53	1.21	0.09	0.10	0.01	0.04	0.02	0.06	0.02
305	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	鉄	黒	13.3	0.9	9.4	68.3	0.3	2.6	2.7	0.76	0.06	1.39	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	0.06	0.11
306	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	11.1	0.4	8.7	69.7	0.2	2.4	4.4	0.45	0.48	1.52	0.02	0.49	0.02	0.02	0.01	0.03	0.07
307	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.9	0.8	7.8	62.7	0.2	2.0	3.9	0.39	0.39	1.29	0.03	0.39	0.01	0.03	0.01	0.02	0.12
308	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.0	0.6	7.9	63.6	0.2	2.0	3.8	0.44	0.43	1.31	0.03	0.43	0.01	0.02	0.02	0.04	0.03
309	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	13.2	0.6	8.3	68.6	0.1	2.1	4.1	0.42	0.42	1.42	0.03	0.49	0.02	0.02	0.02	0.02	0.12
310	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明	15.4	3.7	2.9	68.1	0.2	2.1	5.2	0.16	0.28	1.31	0.11	0.19	0.01	0.11	0.01	0.02	0.13
311	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	19.8	0.4	7.7	63.6	0.1	2.0	3.8	0.40	0.39	1.26	0.02	0.40	0.00	0.01	0.01	0.05	0.07
312	引き伸ばし	ソーダ			濃青色透明（暗）	破片のため未分析																
313	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明（暗）	17.7	0.4	7.9	65.2	0.1	2.1	3.9	0.40	0.40	1.31	0.0						



番号	製作技法	材質		着色材	色調	重量濃度 (%)																
		大別	細別			Na2O	MgO	Al2O3	SiO2	P2O3	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	CoO	CuO	ZnO	PbO	Rb2O	SrO	ZrO2
340	鋳型				紺色	8.0	2.4	6.0	69.6	1.5	2.5	6.9	0.33	0.46	1.81	0.14	0.15	0.02	0.07	0.02	0.04	0.07
341	鋳型				紺色	10.1	2.6	4.0	72.3	0.4	2.1	5.9	0.27	0.25	1.55	0.10	0.24	0.01	0.13	0.01	0.04	0.09
342	鋳型				紺色	15.0	3.8	3.1	67.6	0.4	2.2	6.1	0.15	0.14	1.11	0.08	0.12	0.02	0.07	0.02	0.05	0.06
343	鋳型				紺色	13.2	0.6	7.2	68.9	0.4	2.5	3.7	0.45	0.27	1.47	0.02	1.12	0.01	0.06	0.01	0.03	0.07
344	鋳型				紺色	5.2	2.3	4.2	75.4	0.9	1.7	7.7	0.30	0.32	1.43	0.08	0.15	0.01	0.10	0.01	0.03	0.09
345	鋳型				紺色	8.6	2.3	4.2	72.7	0.6	2.8	6.8	0.15	0.34	1.16	0.07	0.10	0.01	0.03	0.02	0.05	0.06
346	鋳型				紺色	15.9	1.7	2.9	68.4	0.3	2.5	5.5	0.22	0.32	1.68	0.14	0.18	0.01	0.14	0.00	0.04	0.13
347	鋳型				紺色	14.8	3.2	3.5	67.2	0.4	2.7	6.1	0.19	0.25	1.34	0.07	0.10	0.01	0.04	0.01	0.02	0.13
348	鋳型				紺色	11.4	2.9	4.6	68.8	0.7	2.4	6.7	0.27	0.23	1.53	0.10	0.14	0.01	0.08	0.01	0.04	0.10
349	鋳型				紺色	7.7	2.1	3.3	75.3	0.3	1.9	6.6	0.21	0.35	1.86	0.15	0.18	0.02	0.11	0.00	0.04	0.04
350	鋳型				紺色	5.2	2.8	7.6	70.4	1.6	2.3	7.1	0.38	0.20	2.09	0.09	0.13	0.01	0.08	0.02	0.05	0.07
351	鋳型				紺色	10.9	3.3	4.3	71.1	0.4	2.5	5.7	0.16	0.13	1.14	0.08	0.11	0.01	0.04	0.01	0.02	0.17
352	鋳型				紺色	4.5	2.5	6.3	71.9	1.5	2.6	7.5	0.44	0.20	2.13	0.11	0.15	0.02	0.10	0.02	0.04	0.09
353	鋳型				紺色	9.1	2.8	4.9	70.8	1.1	3.1	5.9	0.20	0.25	1.47	0.09	0.14	0.02	0.12	0.01	0.02	0.11
354	鋳型				紺色	9.2	3.2	4.8	70.6	0.9	2.6	6.6	0.22	0.20	1.43	0.08	0.10	0.01	0.05	0.01	0.04	0.04
355	鋳型				紺色	9.9	3.1	3.6	71.1	0.6	3.1	6.6	0.14	0.27	1.19	0.07	0.10	0.01	0.09	0.00	0.05	0.06
356	鋳型				紺色	5.7	2.9	3.5	75.8	0.5	2.8	6.5	0.23	0.14	1.44	0.07	0.16	0.02	0.10	0.01	0.05	0.08
357	鋳型				紺色	15.0	2.8	3.5	67.2	0.4	2.4	6.4	0.23	0.26	1.51	0.08	0.11	0.00	0.06	0.01	0.03	0.07
358	引き伸ばし	ソーダ			濃青色透明 (暗)	破片のため未分析																
359	鋳型				紺色	13.7	2.3	3.7	69.0	0.6	2.5	5.7	0.23	0.47	1.55	0.08	0.09	0.01	0.05	0.01	0.05	0.04
360	鋳型				紺色	5.9	2.4	5.5	72.2	1.0	2.4	7.5	0.27	0.32	1.93	0.11	0.18	0.02	0.14	0.02	0.04	0.04
361	鋳型				紺色	4.7	2.4	5.5	74.8	0.9	2.0	6.7	0.35	0.23	1.84	0.09	0.11	0.02	0.09	0.01	0.03	0.16
362	引き伸ばし	ソーダ			濃青色透明 (暗)	破片のため未分析																
363	引き伸ばし	ソーダ			濃青色透明	破片のため未分析																
364	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	7.0	0.8	10.6	72.5	0.3	2.6	3.2	0.86	0.06	1.56	0.02	0.35	0.01	0.03	0.02	0.04	0.04
365	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.6	0.8	8.9	65.3	0.3	2.1	5.7	0.43	0.08	1.29	0.02	0.32	0.01	0.05	0.02	0.04	0.00
366	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	10.9	0.7	8.5	69.2	0.3	2.7	4.8	0.52	0.19	1.27	0.02	0.61	0.02	0.05	0.00	0.03	0.14
367	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	9.1	0.8	8.4	72.9	0.3	2.6	2.8	0.54	0.21	1.40	0.02	0.83	0.00	0.02	0.02	0.04	0.11
368	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	16.9	0.3	7.7	67.8	0.2	2.1	2.7	0.49	0.06	1.07	0.02	0.52	0.01	0.02	0.02	0.04	0.09
369	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.7	0.5	6.7	70.1	0.2	2.4	3.0	0.42	0.07	1.07	0.02	0.68	0.02	0.00	0.02	0.03	0.08
370	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	5.4	0.4	7.6	77.5	0.3	2.8	3.3	0.47	0.06	1.23	0.02	0.75	0.02	0.00	0.03	0.03	0.11
371	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	5.7	0.8	9.3	74.1	0.5	2.5	4.0	0.45	0.46	1.50	0.03	0.49	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06
372	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	14.2	0.8	9.1	67.3	0.3	2.0	2.6	0.44	0.55	1.42	0.01	1.16	0.01	0.13	0.01	0.03	0.03
373	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	14.8	0.8	8.4	66.6	0.3	2.3	4.1	0.42	0.41	1.35	0.02	0.44	0.01	0.03	0.00	0.04	0.06
374	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	11.0	0.9	8.7	69.8	0.4	2.3	4.1	0.44	0.43	1.37	0.02	0.45	0.01	0.01	0.02	0.03	0.10
375	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	10.8	0.4	9.0	69.5	0.5	2.4	4.3	0.45	0.45	1.49	0.03	0.50	0.01	0.04	0.01	0.02	0.14
376	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明	12.2	0.9	11.8	65.7	0.2	3.9	2.2	0.36	0.30	1.16	0.02	0.89	0.01	0.03	0.02	0.03	0.12
377	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	16.7	0.7	8.1	65.7	0.2	2.1	3.8	0.40	0.40	1.32	0.02	0.42	0.02	0.02	0.01	0.03	0.07
378	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	15.8	0.4	8.2	66.6	0.2	2.2	3.9	0.42	0.42	1.30	0.02	0.43	0.01	0.02	0.01	0.03	0.10
379	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	19.3	0.4	7.9	63.9	0.2	2.0	3.8	0.39	0.40	1.27	0.02	0.42	0.02	0.01	0.01	0.04	0.03
380	引き伸ばし	ソーダ			濃青色透明 (暗)	破片のため未分析																
381	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	14.1	0.5	8.2	68.0	0.2	2.2	4.0	0.43	0.44	1.39	0.02	0.46	0.01	0.04	0.02	0.04	0.06
382	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	10.5	0.4	8.5	70.7	0.3	2.3	4.5	0.43	0.46	1.45	0.03	0.48	0.02	0.02	0.01	0.03	0.11
383	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	16.6	0.8	8.0	65.5	0.2	2.1	3.9	0.40	0.43	1.31	0.02	0.44	0.00	0.04	0.03	0.02	0.08
384	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	17.8	0.4	8.0	65.0	0.2	2.1	3.8	0.41	0.43	1.31	0.02	0.45	0.01	0.02	0.01	0.06	0.06
385	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅+マンガン	濃青色透明 (暗)	18.3	0.6	7.9	64.1	0.2	2.1	3.9	0.44	0.47	1.33	0.04	0.44	0.01	0.02	0.01	0.03	0.11
386	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	銅	淡青色透明	14.4	0.4	6.8	72.1	0.1	1.3	1.9	0.27	0.07	1.83	0.04	0.67	0.00	0.03	0.02	0.03	0.08
387	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	14.2	3.4	3.3	67.0	0.4	2.9	6.8	0.20	0.30	1.40	0.06	0.09	0.00	0.06	0.01	0.03	0.02
388	引き伸ばし	ソーダ	SIV	コバルト	紺色透明 (大)	13.4	0.8	3.2	73.4	0.3	1.2	6.0	0.16	0.80	0.58	0.05	0.02	0.01	0.04	0.02	0.05	0.00
389	引き伸ばし	ソーダ	判断保留	コバルト	紺色透明 (大)	16.6	1.2	2.6	69.7	0.2	1.4	5.7	0.20	0.30	1.61	0.13	0.18	0.01	0.11	0.00	0.03	0.09
390	引き伸ばし	カリ	PI	コバルト	紺色透明 (大)	1.5	0.7	2.7	76.3	0.2	14.1	1.6	0.17	1.43	0.96	0.05	0.02	0.01	0.04	0.02	0.02	0.04
391	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	17.2	5.6	2.6	64.8	0.3	2.4	5.8	0.12	0.09	0.87	0.06	0.10	0.00	0.06	0.01	0.04	0.06
392	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	16.2	2.6	2.7	67.5	0.3	2.7	6.2	0.14	0.29	1.09	0.05	0.10	0.01	0.05	0.01	0.03	0.11
393	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	14.2	2.8	3.3	68.7	0.3	2.6	6.3	0.15	0.25	1.09	0.06	0.08	0.01	0.06	0.02	0.05	0.12
394	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	18.3	5.2	2.6	63.9	0.2	2.1	5.9	0.16	0.18	1.08	0.06	0.11	0.01	0.08	0.02	0.04	0.10
395	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	14.9	3.3	3.0	67.2	0.4	2.5	6.5	0.20	0.29	1.37	0.06	0.09	0.01	0.05	0.00	0.03	0.12
396	引き伸ばし	ソーダ	SIIB	コバルト	紺色透明 (大)	17.7	4.7	2.3	65.6	0.2	2.5	5.3	0.13	0.19	1.00	0.06	0.10	0.01	0.0			