

朱円環状土籬出土の玉及び ウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉の石質について

合地信生

〒099-4113 北海道斜里郡斜里町本町49番地斜里町立知床博物館

1. はじめに

考古資料の分析には非破壊での分析方法が必要とされ、岩石薄片を作り光学性を用いた顕微鏡観察や岩石の一部を粉末にしての粉末X線解析法は不適當である。

硬玉についてはこれまで肉眼鑑定でヒスイ製と鑑定されてきたが、最近では機械による分析がなされ（蛍光X線分析装置による分析（藁科他、1987、1988）、X線スペクトル解析装置による分析（合地、1991、1992、1996））があり、詳細なデータが蓄積されつつある。

北海道におけるヒスイ製玉の出土は道南に卓越しており、また分析結果より青海一蓮華帯のヒスイが使われており、日本海ルートで運ばれたと推察されている。

道央や道東部はヒスイ製玉の出土は限られているが、最近の発掘調査により旭川（合地、1991）や常呂（合地、1996）で確認されている。斜里でも朱円環状土籬や尾河台地遺跡から出土と記載（図1）されているが、詳細な調査は行われていない。今回朱円環状土籬出土の玉、及びウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉についてX線スペクトル解析を行い、鉱物の同定と遺物の産地について推察した。

2. 分析方法

北海道教育大学札幌校の日本電子走査顕微鏡JSM-100とLINK社製エネルギー分散型X線スペクトル解析装置QW-200Jを使用した（写真1）。

資料の処理の方法は、最初に資料の表面に電子線（電流）を流すための炭素膜を作る（写真3）。この膜は測定後にアセトンで取り除くことが可能である。次に資料をホルダーに入れて（写真4）、機械に挿入する。資料にX線（電子線）をあて、

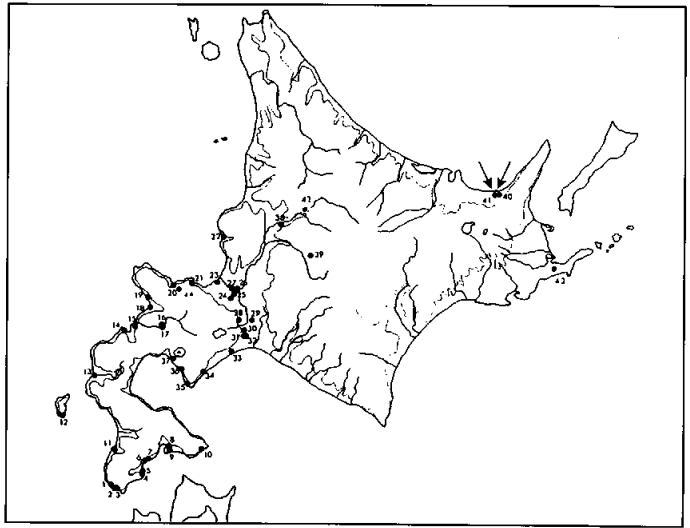


図1. 北海道のヒスイ製玉出土遺跡
（野村、1990：40-朱円環状土籬、41-尾河台地遺跡）

そこから発生する元素特有の回折X線を測定し定量する。

資料の表面は平面性に欠け、X線の反射率が100%に満たないが、調査元素で100重量%に補正する。

今回の分析は主要元素9種類—シリカ(SiO₂)、チタン(TiO₂)、アルミニウム(Al₂O₃)、鉄(Fe₂O₃)、マンガン(MnO)、マグネシウム(MgO)、カルシウム(CaO)、ナトリウム(Na₂O)、カリウム(K₂O)—について行った。測定元素にはH₂O（水）が含まれていないので、10%以上水を含む粘土鉱物では各元素が約10%増加した値で示されている。

3. 分析資料1—朱円環状土籬出土の玉

1) 出土状況

朱円環状土籬は斜里の市街地より東方約6Kmに位置し、2つの周堤墓からなる縄文時代後期の遺跡である。今回調査した玉（写真5）はB号土籬2号墳及び13号墳から出土している（河野、1955）。

表1. 朱円環状土籬出土の玉の化学分析

	T1-1	T1-2	T1-3	T1-4	T1-6	T1-7	T1-8	T1-9	T1-10	T1-11M
SiO2	55.322	61.506	66.460	61.919	63.458	60.929	62.225	61.060	46.118	61.247
TiO2	0.059	0.092	0.285	0.356	0.070	0.225	0.000	0.035	2.071	0.186
Al2O3	5.091	2.169	0.943	5.636	2.174	3.032	0.741	0.730	8.144	2.526
Fe2O3	2.518	2.552	4.369	3.505	3.528	2.228	1.324	1.584	18.094	2.540
MnO	0.296	0.236	0.000	0.000	0.475	0.173	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO	29.738	30.630	27.290	24.262	27.365	30.664	34.759	33.901	21.105	30.294
CaO	2.042	0.454	0.291	0.373	0.433	0.784	0.166	0.640	1.813	0.537
Na2O	3.693	1.957	0.000	2.301	1.921	1.314	0.666	1.747	1.847	2.232
K2O	1.240	0.405	0.362	1.647	0.576	0.650	0.119	0.302	0.784	0.439
鉱物	滑石	滑石	滑石	滑石	滑石	滑石	滑石	滑石	サポー石	滑石

	T2-1	T2-2	T2-3	T2-4	T2-5	T2-6	T2-7	T2-8	T2-9	T2-10
SiO2	58.102	46.419	62.403	57.643	58.384	56.923	52.293	61.445	63.166	71.867
TiO2	0.525	0.871	0.613	0.673	0.000	0.000	0.276	0.000	0.000	0.041
Al2O3	8.609	27.896	23.743	27.836	26.921	19.625	36.901	26.713	7.720	2.165
Fe2O3	4.069	9.822	1.499	0.973	0.000	0.248	1.601	0.143	1.237	2.116
MnO	0.133	0.274	0.199	0.091	0.446	0.182	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO	23.782	6.070	7.761	10.940	11.861	19.179	4.313	8.527	27.477	23.521
CaO	1.170	1.196	1.264	0.592	1.495	0.835	1.638	0.865	0.000	0.145
Na2O	2.646	2.623	1.480	0.000	0.000	2.161	1.724	1.480	0.000	0.000
K2O	0.964	4.805	1.036	1.250	0.892	0.843	1.262	0.837	0.388	0.128
鉱物	サポー石	モンモリロン石	モンモリロン石	モンモリロン石	モンモリロン石	モンモリロン石	モンモリロン石	モンモリロン石	滑石	滑石

	T3-1	T3-3	T3-4	T3-5	T3-8	T3-9	T3-10	T3-11	T3-12	T3-13
SiO2	35.634	62.287	49.649	55.519	57.048	49.121	47.714	63.867	63.289	55.846
TiO2	0.447	0.845	0.467	0.336	0.333	0.598	0.701	0.064	0.000	0.763
Al2O3	38.672	8.766	37.013	5.724	21.167	32.724	31.856	0.371	2.592	27.513
Fe2O3	23.040	3.696	1.783	11.052	5.531	4.433	7.565	1.529	1.362	5.624
MnO	0.130	0.000	0.121	0.033	0.280	0.339	0.109	0.157	0.084	0.167
MgO	0.797	23.834	3.633	25.511	11.563	6.357	6.668	33.283	31.720	3.663
CaO	0.150	0.293	0.515	1.255	0.999	1.030	0.641	0.072	0.242	1.069
Na2O	0.850	0.215	6.716	0.278	2.169	4.771	3.967	0.531	0.707	4.886
K2O	0.283	0.084	0.115	0.293	0.889	0.621	0.766	0.127	0.005	0.463
鉱物	モンモリロン石	サポー石	モンモリロン石	サポー石	モンモリロン石	モンモリロン石	モンモリロン石	滑石	滑石	モンモリロン石

	T4-1	T4-2	T4-3	T4-4	T4-5	T4-6	T4-7	T4-8	T4-10	T4-11
SiO2	53.430	58.300	54.875	60.262	60.033	47.173	53.355	59.924	56.404	61.268
TiO2	0.604	0.000	0.384	0.000	0.675	1.371	0.098	0.102	0.509	0.003
Al2O3	24.075	5.868	8.800	5.893	8.185	24.077	27.592	2.331	10.358	4.912
Fe2O3	5.846	0.935	0.472	1.588	0.866	12.649	3.114	1.404	1.560	1.603
MnO	0.000	0.416	0.000	0.153	0.000	0.000	0.000	0.000	0.181	0.320
MgO	12.189	31.261	35.174	30.409	28.270	5.599	4.614	34.201	27.852	31.323
CaO	1.661	0.311	0.286	0.038	0.203	8.414	2.495	0.138	1.017	0.561
Na2O	1.835	2.904	0.000	1.541	1.294	0.000	7.427	1.695	2.024	0.000
K2O	0.340	0.000	0.000	0.115	0.466	0.689	1.303	0.200	0.095	0.000
鉱物	モンモリロン石	滑石	滑石	滑石	滑石	モンモリロン石	モンモリロン石	滑石	サポー石	滑石

	T5-1	T5-3	T5-5	T5-6	T5-7	T5-9	T5-10	T5-11	T5-12	T5-13
SiO2	59.819	41.600	63.363	47.427	58.414	52.593	50.486	59.946	48.431	60.344
TiO2	0.110	0.803	0.000	0.921	0.501	0.096	0.484	0.252	0.333	0.000
Al2O3	2.865	33.166	1.181	23.632	5.683	9.567	24.834	5.582	27.097	3.890
Fe2O3	3.588	13.030	1.441	7.358	3.700	7.656	8.050	2.352	6.985	4.713
MnO	0.062	0.540	0.000	0.024	0.039	0.122	0.249	0.338	0.257	0.072
MgO	31.089	2.058	32.966	10.956	28.417	21.081	8.236	29.263	9.514	29.590
CaO	0.532	1.188	0.169	0.791	0.563	0.891	0.909	0.628	1.011	0.301
Na2O	1.641	4.452	0.818	5.323	2.029	5.590	4.351	1.261	4.009	0.900
K2O	0.295	3.166	0.063	3.567	0.654	2.403	2.378	0.378	2.343	0.190
鉱物	滑石	モンモリロン石	滑石	モンモリロン石	サポー石	サポー石	モンモリロン石	サポー石	モンモリロン石	滑石

表2. ヒスイの化学組成 (1-5: 旭川末広7遺跡出土のヒスイ (合地, 1991) 6-7: 小滝・橋立産緑色ヒスイ輝石 (芽原, 1988) 8-9: 神居古潭塩基性片岩中の緑色ヒスイ輝石 (合地, 1983) 8は未分解部、9は分解部)

資料	1	2	3	4	5	6	7	8	9
元素の重量% (主要6元素以外にも微量元素を測定しているため6元素の合計がtotalと一致しない)									
SiO ₂	58.20	60.81	57.31	60.27	58.74	58.93	58.87	58.4	53.7
Al ₂ O ₃	22.89	21.24	21.04	23.64	19.11	22.67	21.39	23.7	9.1
FeO*	0.40	0.95	0.82	0.41	1.12	0.64	1.08	1.6	14.3
MgO	1.06	2.56	2.25	0.31	3.78	0.56	0.97	0.6	3.9
CaO	1.74	4.22	2.53	1.41	5.21	0.71	1.10	0.9	10.5
Na ₂ O	13.21	12.01	11.97	11.97	11.89	15.09	13.95	14.4	8.0
total	97.67	101.87	96.05	98.16	99.85	99.76	100.27	100.2	99.5

2) X線スペクトル解析による鉱物の同定

5個の玉 (T1~T5) の分析結果を表1に示した。分析値について次のような特徴がある。

①T1は主要元素としてSiO₂を46~66%、MgOを約30%含む。その他の元素としてはAl₂O₃を平均で約5%含む、アルカリ元素(CaO、Na₂O、K₂O)は非常に少量である。

②T2~T5は主要元素としてSiO₂を40~70%、平均で約55%含む。またAl₂O₃を約25%含むMgOが少ないグループと、MgOを約30%含むAl₂O₃が少ないグループに分けられる。アルカリ元素はT1よりは多い傾向があり、9%含まれる場合があるが、平均して約3%である。

表2にヒスイの分析値を示す。ヒスイは輝石の仲間Jd (NaAlSi₂O₆)、Ac (NaFeSi₂O₆)、Di (Ca(Mg,Fe)Si₂O₆)の端成分がどれだけの割合で含まれるかで表される。ヒスイの化学成分はNa₂Oが10%以上、またAl₂O₃が20%以上含まれることが特徴である。さらにFeOとMgOの合計は5%を越えない。

今回分析した5個の玉のうち、Al₂O₃が20%を越える場合でも、ヒスイに比べNa₂Oが極端に少なく、またFeO (今回はFe₂O₃で計算) とMgOの合計がほとんどの資料で10%を越える。

以上の結果より、今回分析した5個の玉にはヒスイが含まれていなく、主要元素の含有量より滑石、サポー石、モンモリロン石と推察された。

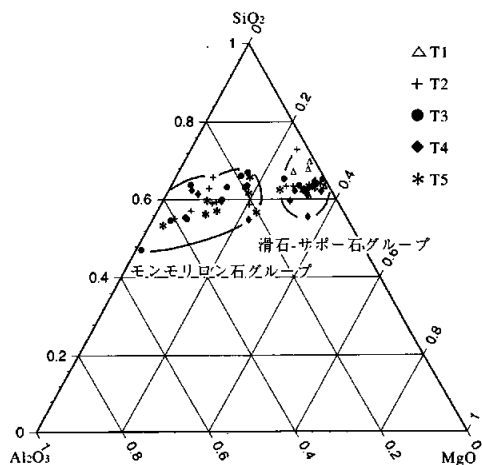


図2. 朱円環状土籬出土の玉のSiO₂-Al₂O₃-MgO組成比

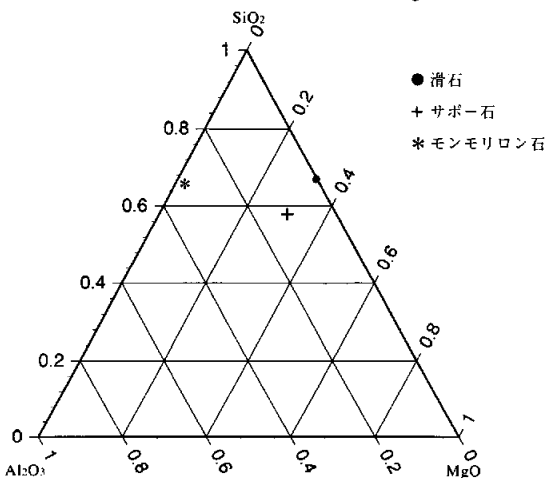


図3. 標準的な滑石・サポー石・モンモリロン石のSiO₂-Al₂O₃-MgO組成比

・滑石は $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ の分子式で表され、 SiO_2 が約60%、 MgO が約30%含まれる。T1の分析鉱物のほとんどが滑石であり、その他の玉にも少量含まれていた。

・サポー石($Ca_{1/2}, Na)_{0.33}(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$ の分子式で表され、滑石のSiの一部がAlに置換し Al_2O_3 が5~10%含まれ、また MgO を置換して FeO が約4%含まれている。滑石とサポー石は結晶構造が同じなので、化学組成が連続的に変化する。

・モンモリロン石は $(Na, Ca)_{0.33}(Al, Mg)_2Si_4O_{10} \cdot nH_2O$ の分子式で表され、特徴的に Al_2O_3 を20%以上含んでいる。AlとMgは置換関係にあり、MgはAlを置換して約10%含まれる場合がある。したがってモンモリロン石の Al_2O_3 が増加すると MgO が減少する傾向がある。

以上のように今回分析した資料に関しては SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO が鉱物を構成する特に重要な元素と考えられるので、それら3元素の重量比を三角形を使った3成分で表した(図2)。連続的に組成が変化する滑石-サポー石グループとモンモリロン石グループに区分される。滑石-サポー石グループはSi-Al置換とMg-Fe置換(Feは図に表されていないのでMgの減少となる)があり、純粋な滑石から Al_2O_3 に富み、 MgO 側(Si減少)、 SiO_2 側(Mg減少)に幅広い組成範囲をとっている。またモンモリロン石グループはAl-Mg置換のため三角形の底辺(Al_2O_3 - MgO)に平行な組成範囲をとっている。

3) 玉の産地推定

今回同定された3種類の粘土鉱物の北海道における産状は原田他(1984)によると次のようである。

①滑石-ほとんど MgO と SiO_2 しか含まれない滑石は、超塩基性岩や塩基性岩に含まれるオリブ石($(Mg, Fe)_2SiO_4$)が水と反応して形成される。超塩基性岩の蛇紋岩に伴って滑石鉱床があり、北海道では神居古潭変成岩や道南の蛇紋岩に大規模な鉱床が知られている。小規模では溶岩中のオリブ石や輝石が熱水作用により滑石の形成が考えられる。

②サポー石-滑石と比較し Al_2O_3 成分とアルカリ成分に富み、Si成分が増加した玄武岩ないし安山

岩中のオリブ石や輝石を熱水作用により置換して形成される。

③モンモリロン石-玄武岩~安山岩中の斜長石は熱水作用によりモンモリロン石に置換されるので一般にはサポー石とモンモリロン石は共生する。

以上の各鉱物の特徴的な産状及び資料の肉眼観察などよりそれらがもたらされた原岩については次のように考えられる。

T1-同一鉱物の集合のためか淡緑色の均一な色と凹凸の少ない形状をしている。ほとんどが滑石で、モンモリロン石を含まないT1は、超塩基性岩のオリブ石の単一岩石が水との反応による蛇紋岩化作用によって形成された可能性が高く、神居古潭変成岩の蛇紋岩を原岩にしていると推察される。

T2~T5-白色と淡緑色のまだら模様で表面に凹凸があり、一部鉱物が集合で欠けた部分がある。T1とは異なり、複合鉱物の集合体と考えられる。表1によるとこれらの資料は滑石-サポー石グループとモンモリロン石が共生しており、玄武岩~安山岩が熱水などで変質し岩石中のオリブ石や輝石から滑石やサポー石、斜長石からモンモリロン石が形成されたと推察される。斜里の近くでは海底に流出した溶岩が熱水で変質し緑色になった越川層の緑色凝灰岩が候補にあげられる。

4. 分析資料2-ウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉

1) 出土状況

ウトロ神社山遺跡はウトロ市街地の中心部に位置し、続縄文時代の墳墓が発掘され、その1号墳より今回調査した平玉と管玉(写真6)が出土している(河野、1955)。

2) X線解析による鉱物の同定

分析結果を表3に示す。 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO を頂点に取った三角図(図4)によると、オリブ石などの鉄やマグネシウムを含む鉱物から変質したと考えられる滑石やサポー石を含まず、斜長石主体の MgO 成分に乏しい堆積岩起源と推察される。

また平玉と管玉は SiO_2 - Al_2O_3 の差により区別される。平玉は白色で一部茶色を呈し、化学成分はモンモリロン石とケイ酸鉱物(石英、クリストバル石、メノウ、オパールはおなじ化学成分なの

表3. ウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉の化学分析

	HIRA1-1	HIRA1-2	HIRA1-3	HIRA1-4	HIRA1-5	HIRA1-6	HIRA1-7M	HIRA1-8	HIRA1-9	HIRA1-10M
SiO ₂	61.216	75.256	72.717	73.876	81.369	82.331	67.386	56.685	88.672	84.509
TiO ₂	0.267	0.594	0.000	0.000	0.000	0.186	0.000	0.544	0.072	0.000
Al ₂ O ₃	20.235	8.352	9.403	7.668	4.011	4.895	12.525	25.576	4.308	5.652
Fe ₂ O ₃	0.747	10.515	9.632	9.509	7.517	6.919	10.614	5.379	2.744	4.435
MnO	0.000	0.000	0.000	0.797	0.229	0.129	0.115	0.237	0.209	0.000
MgO	0.042	0.372	1.055	0.528	0.089	0.153	0.862	2.228	0.056	0.653
CaO	0.371	3.908	6.413	5.716	4.947	4.066	4.919	3.389	2.372	2.613
Na ₂ O	0.774	0.207	0.033	0.365	0.447	0.000	1.095	0.874	0.777	1.361
K ₂ O	16.349	0.784	0.732	1.430	1.386	1.315	2.464	5.075	0.785	0.777
鉱物	モンモリロン石 モンモカイ酸 モンモカイ酸 モンモカイ酸 モンモカイ酸 モンモカイ酸 モンモカイ酸 モンモリロン石 モンモカイ酸 モンモカイ酸									

	KUDA1-1	KUDA1-2	KUDA1-3	KUDA1-4	KUDA1-5	KUDA1-6	KUDA1-7	KUDA1-8	KUDA1-9	KUDA1-10
SiO ₂	52.093	59.753	56.071	61.064	48.021	62.799	54.879	33.217	51.615	42.777
TiO ₂	0.026	0.110	0.000	0.000	0.400	0.000	0.000	0.083	0.332	0.479
Al ₂ O ₃	39.442	32.694	34.249	30.618	32.034	32.365	33.669	48.818	36.168	43.968
Fe ₂ O ₃	5.241	3.891	4.105	3.960	5.898	2.259	3.261	5.251	5.695	5.424
MnO	0.000	0.000	0.064	0.370	0.000	0.000	0.224	0.112	0.103	0.000
MgO	0.702	0.528	1.107	0.952	0.751	0.650	0.759	2.636	1.462	1.731
CaO	1.206	0.974	1.913	0.502	3.679	0.833	1.204	2.833	2.519	3.033
Na ₂ O	0.987	1.778	2.188	2.158	7.674	1.003	4.906	5.951	1.817	2.112
K ₂ O	0.305	0.271	0.304	0.376	1.534	0.091	1.105	1.094	0.288	0.477
鉱物	モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石									

	KUDA2-1	KUDA2-2	KUDA2-3	KUDA2-4	KUDA2-5	KUDA2-6	KUDA2-7	KUDA2-8	KUDA2-9	KUDA2-10
SiO ₂	56.965	65.743	35.045	54.196	51.748	50.242	30.694	47.347	66.999	78.003
TiO ₂	0.324	0.106	0.436	0.114	0.326	0.182	0.379	0.051	0.229	0.000
Al ₂ O ₃	31.567	32.072	39.085	31.768	35.930	29.049	36.819	33.594	30.479	20.124
Fe ₂ O ₃	3.846	0.381	10.620	7.014	5.674	16.371	10.731	5.611	0.659	0.590
MnO	0.000	0.116	0.000	0.041	0.015	0.238	0.000	0.000	0.000	0.000
MgO	0.190	0.306	1.635	0.837	0.750	0.162	2.165	1.907	0.108	0.278
CaO	1.132	0.266	3.044	1.560	2.063	0.731	3.266	2.896	0.209	0.055
Na ₂ O	4.589	0.703	6.647	3.173	2.390	2.158	11.593	5.485	0.992	0.851
K ₂ O	1.392	0.305	3.489	1.292	1.104	0.869	4.356	3.100	0.323	0.105
鉱物	モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモリロン石 モンモカイ酸									

で粉末X線解析での結晶構造からの鉱物同定が必要)の間に位置しており、モンモリロン石とケイ酸鉱物の集合体と推察される。

管玉はほとんどがモンモリロン石であるが、白色のKUDA1はFe₂O₃成分が少ないモンモリロン石で、KUDA2はFe₂O₃成分が多いモンモリロン石で構成されている。

3) 平玉と管玉の産地推定

化学成分より平玉はケイ酸成分に富む硬質頁岩、管玉はアルミナスな泥岩から作られたと推察される。石材の供給地として斜里近辺では越川層が考えられる。

5. まとめ

朱円環状土籬出土の玉5点とウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉3点についてX線解析を行った。

玉からはヒスイは認められず、滑石、サポー石、モンモリロン石が同定された。産地としては熱水変質を受けた越川層の緑色凝灰岩の可能性が高いが、そのうちの1個は大きさも他の4個とは異なる

り一回り大きく特徴的な形をしている(写真5)。またその玉は滑石の単一鉱物集合体で構成され、北海道中軸部の神居古潭変成岩中の蛇紋岩起源かもしれない(図5)。玉の石材として加工が簡単な柔らかい滑石(モースの硬度計で硬度1)を使っているのは興味深い。

平玉と管玉は硬質頁岩と泥岩から作られており、越川層が供給地として推察される。

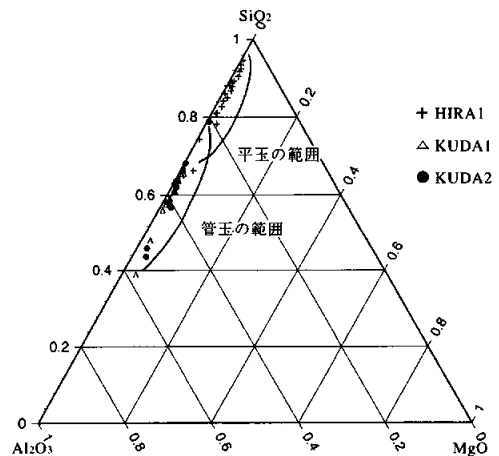


図4. ウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉のSiO₂-Al₂O₃-MgO組成比



写真1. 分析装置（走査顕微鏡とエネルギー分散型X線スペクトル解析装置）

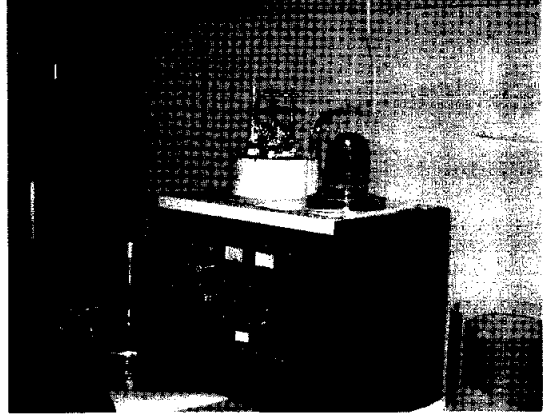


写真2. 炭素膜凝着装置

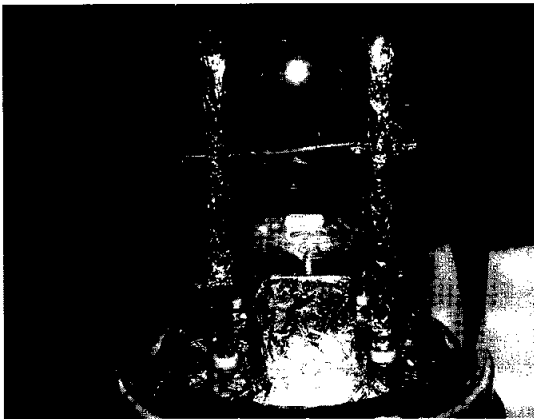


写真3. 炭素膜凝着装置での資料

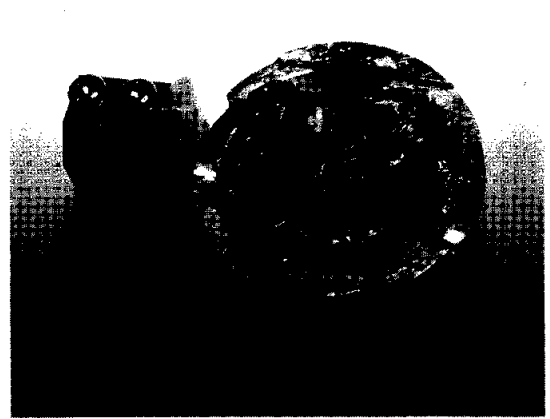


写真4. 分析ホルダーにセットした玉

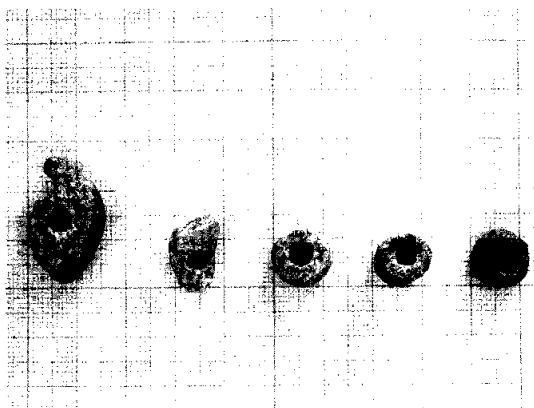


写真5. 分析資料1—朱円環状土籬出土の玉
（左よりT1～T5）

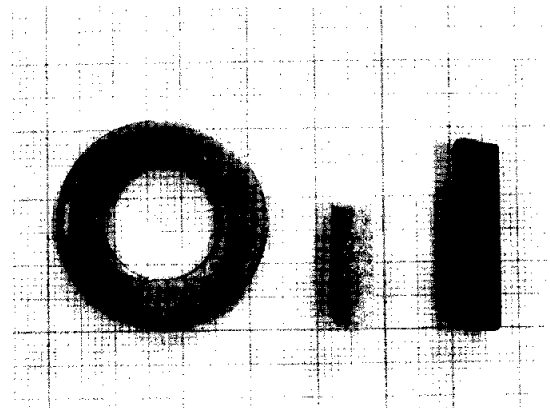


写真6. 分析資料2—ウトロ神社山遺跡出土の平玉と管玉
（左よりHIRA1、KUDA1、KUDA2）