

岩石学的分類による黒曜石とガラス質安山岩の分類

井上 巖¹⁾ 能登 健²⁾

1. はじめに

黒曜石はガラス光沢を有する石英安山岩質～流紋岩質のガラス質火山岩である（山田1979）。火山岩の主要元素はSi、Ti、Al、Fe、Mn、Mg、Ca、Na、K、Pなどであり、地質学分野ではこれらの分析値は酸化物濃度で表示する。

鈴木（1973）は考古学分野で石器石材として利用されている黒曜石の分類のため長野県、神奈川県、静岡県、東京都などの原産地黒曜石を対象として、黒曜石を岩石として化学分析し、酸化物濃度での分析結果を報告している。

従来、考古学分野での分析の多くは少量～微量元素を分析対象とするのが主流であり、分析結果もFe/Zr、Ca/Kなど（藥科・東村1973）、あるいはRb/（Rb + Sr + Y + Zr）× 100 など（望月ら1994）の比で出し、この比に基づいた分類で産地同定をおこなっていた。また、ガラス質黒色安山岩の石器石材の分析でも、分析結果をK/Ti、Ca/Ti、Ti/Yなどの比で出し、偏光顕微鏡で鉱物鑑定し、ガラス質安山岩の分類を行っていた（山本他1997）。

これに対して、筆者は地質学的・岩石学的方法である火山岩の主要元素の酸化物濃度による岩石分類と産地同定を試みた（井上2000）。岩石分類では表1に示すように、SiO₂が52～66%を安山岩、66%以上を流紋岩と規定している^注。この方法によると、試料の黒曜石が、SiO₂量が66%以上の流紋岩質マグマに由来するか、SiO₂量が52～66%の安山岩質マグマに由来するのかについての検討ができ、正しい岩石分類に基づく分類ができる。

SiO ₂ の量（重量%）		多 ← 6.6 ————— 5.2 → 小			
色 指 数		淡色 ← 1.0 ————— 3.5 → 暗色			
ガラス質 ↑ 細粒 ↓ 粗粒 ↓ 完全質	結晶の大きさ ↓ 粗粒	火山岩 (噴出岩)	流紋岩	安山岩	玄武岩
		半深成岩	石英斑岩	ひん岩	輝緑岩
		深成岩	花崗岩	閃緑岩	斑れい岩

表1 火成岩分類表
Table 1 Classification of the igneous rocks
（斉藤他1994）

¹⁾（株）第四紀地質研究所：〒273-0037 千葉県船橋市古作1-4-27
²⁾（財）群馬県埋蔵文化財調査事業団：〒377-8555 群馬県勢多郡北橘村大字下箱田784-2
キーワード：黒曜石・ガラス質安山岩（Obsidian・Glassy Andesite）、産地同定（Identity of Original Locality）、

蛍光X線分析（Fluorescent X-ray Analysis）

筆者は分析領域の広いエネルギー分散型蛍光X線分析装置(XRF)を使つての原産地の黒曜石とガラス質安山岩を分析した。分析対象元素をSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P, Rb, Sr, Y, Zrの14元素とし、分析結果に基づいて、主要～少量元素は酸化物濃度、微量元素は積分強度で分類をおこない有意な分析結果を得た(井上・田中2000, 能登2000)。

注 日本地質学会地質基準委員会は2001年3月に地質基準を公表し、非アルカリ岩のうち、 SiO_2 が45～52(または53)重量%のものは玄武岩、52(または53)～63(または62)重量%のものは安山岩、63(または62)～約70重量%のものはデイサイト(dacite)、約70重量%以上のものが流紋岩である(地質基準委員会2001)としている。

2. 分析試料と分析法

2.1 分析試料

黒曜石：露頭・河床などより採取した黒曜石をハンマーで打ちかき、比較的平滑な面を形成した。

ガラス質安山岩：河床と山腹斜面から採取したガラス質安山岩の転石をダイヤモンドカッターで切断し、平滑な面を形成した。

このようにして調整した面を分析面とし、試料をX線照射範囲直径約15mmの試料台に直接のせ分析した。

2.2 分析法

分析は日本電子製エネルギー分散型蛍光X線分析装置JSX-3200で行なった。

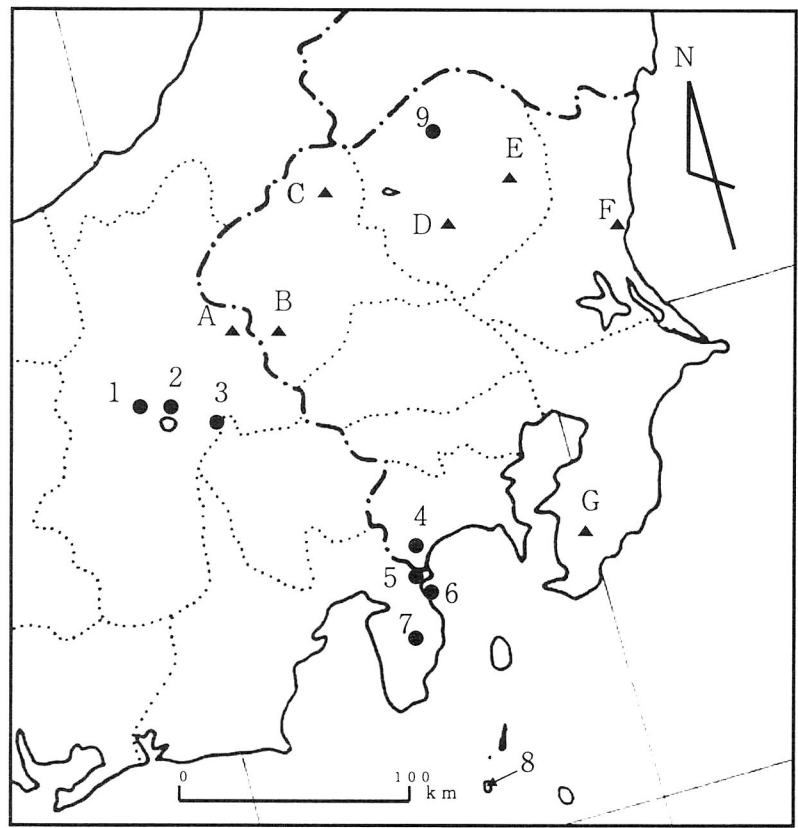
実験条件はバルクFP法(スタンダードレス方式)、分析雰囲気：真空、X線管ターゲット素材：Rh、加速電圧：30kV、管電流：自動制御、分析時間：200秒(有効分析時間)である。

分析対象元素はSi, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, Rb, P, Sr, Y, Zrの14元素、分析値はガラス質火山岩の含水量を0と仮定し、100%にノーマライズされた形式での酸化物の重量%で表示した。Rb, Sr, Y, Zrについてはさらに積分強度も表示した。(Rb-Sr, Zr-Yなどは積分強度での分類であり、分析試料の大きさによる影響を受ける。)分析値は地質学分野では小数点以下2桁までの重量%での表示であるが小数点以下2桁では微量元素であるRb, Sr, Y, Zrの4元素は0%となり、分類に支障がでる。そのためここでは小数点以下4桁までの分析値として表示した。小数点以下4桁の計算はバルクFP法による分析結果に基づいて計算したものである(Feに関してはソフトの計算上 Fe_2O_3 として計算したものである)。

主要元素の酸化物濃度(重量%)で、 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{Na}_2\text{O} - \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$, $\text{TiO}_2 - \text{MnO}$ の4組の組み合わせで図を作成した。微量元素のRb-Sr, Zr-Y図は積分強度で作成した。これらの図から黒曜石とガラス質安山岩の産地ごとの化学組成上の特性を検討した。

3. 分析結果

図1に示すように、採取地域は関東、中部、東海地方にわたる。



凡 例

●	黒 曜 石			▲	ガラス質安山岩
1	和田峠系-1: 西餅屋	4	伊豆箱根系: 畑宿	A	八風山系: 香坂川
	和田峠系-1: 東餅屋	5	伊豆箱根系: 鍛冶屋	B	荒船系-1～3: 市ノ萱川
	和田峠系-1: 小深沢	6	伊豆箱根系: 上多賀	C	武尊系-1～2: 木ノ根沢
2	和田峠系-2: 男女倉5	7	伊豆箱根系: 柏峠	D	姿川系: 姿川・武子川
	和田峠系-2: 星ヶ塔	8	神津島・恩馳島	E	芳賀系: 那珂川
3	蓼科系: 冷山地区	9	高原山	F	大洗系: 大洗海岸
	蓼科系: 麦草峠地区			G	君津系: 久留里

図1 黒曜石・ガラス質安山岩採取位置図
Fig.1 The locations of obsidian and glassy andesite

黒曜石は筆者が直接現地に赴いて、採取したものであり、ガラス質安山岩は(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団の研究グループによって採取されたものである。

蛍光X線分析(XRF)による黒曜石・ガラス質安山岩の分析結果は、表2、表3に示した。(表2の備考欄の原石は露頭より直接採取したもの、転石は露頭から剥離して沢に落ちたり、斜面に

表2 原產地黑曜石化學組成表 (單位 wt%)

Table 2 Results of obsidian chemical analyses in the original locality

(1: 積分強度)

編號	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	SrO	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	Total	玻 石	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	P	B	玻 石	備 考
黑曜石-1	76.003	0.0513	12.993	0.776	0.117	0.000	0.5245	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	3383	126	880	116	67	196	67	2	180mm	2 號 180mm	
黑曜石-2	76.805	0.0678	12.721	0.864	0.105	0.000	0.5307	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2874	0	168	753	84	168	753	84	3	200mm	3 號 200mm
黑曜石-3	75.600	0.0708	12.602	0.877	0.120	0.000	0.5300	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2884	276	101	542	101	542	101	542	4	130mm	4 號 130mm
黑曜石-4	77.1258	0.1133	12.938	0.757	0.0718	0.000	0.5307	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1911	17	173	1021	67	173	1021	67	5	130mm	5 號 130mm
黑曜石-5	76.295	0.0908	12.570	0.796	0.100	0.000	0.5302	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2773	128	221	1287	67	1287	67	1287	6	130mm	6 號 130mm
黑曜石-6	76.8576	0.0850	12.916	0.680	0.0922	0.000	0.5307	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2774	11	688	960	67	960	67	960	7	130mm	7 號 130mm
黑曜石-7	76.3037	0.0762	12.854	0.713	0.1027	0.000	0.5307	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2674	0	342	705	67	705	67	705	8	130mm	8 號 130mm
黑曜石-8	76.3655	0.0762	12.758	0.704	0.1010	0.000	0.5307	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2699	91	263	973	67	973	67	973	9	130mm	9 號 130mm
黑曜石-9	76.6004	0.0648	12.482	0.791	0.1028	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2782	0	314	973	67	973	67	973	10	130mm	10 號 130mm
黑曜石-10	77.1908	0.0758	12.630	0.692	0.0673	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2411	136	191	1131	67	1131	67	1131	11	130mm	11 號 130mm
黑曜石-11	76.3044	0.0819	12.418	0.782	0.1169	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2782	0	833	846	67	846	67	846	12	130mm	12 號 130mm
黑曜石-12	75.1766	0.0999	13.320	0.862	0.1086	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2590	0	696	1070	67	1070	67	1070	13	130mm	13 號 130mm
黑曜石-13	76.3239	0.0856	12.581	0.766	0.1104	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2611	129	262	883	67	883	67	883	14	130mm	14 號 130mm
黑曜石-14	76.2912	0.0716	12.530	0.781	0.0968	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2568	0	666	1251	67	1251	67	1251	15	130mm	15 號 130mm
黑曜石-15	75.5767	0.0911	12.986	0.725	0.1058	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2567	641	457	267	67	267	67	267	16	130mm	16 號 130mm
黑曜石-16	76.2803	0.0672	12.878	0.850	0.0940	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	2626	718	258	1405	67	1405	67	1405	17	130mm	17 號 130mm
黑曜石-17	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1881	386	87	951	67	951	67	951	18	130mm	18 號 130mm
黑曜石-18	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	19	130mm	19 號 130mm
黑曜石-19	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	20	130mm	20 號 130mm
黑曜石-20	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	21	130mm	21 號 130mm
黑曜石-21	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	22	130mm	22 號 130mm
黑曜石-22	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	23	130mm	23 號 130mm
黑曜石-23	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	24	130mm	24 號 130mm
黑曜石-24	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	25	130mm	25 號 130mm
黑曜石-25	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	26	130mm	26 號 130mm
黑曜石-26	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	27	130mm	27 號 130mm
黑曜石-27	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	28	130mm	28 號 130mm
黑曜石-28	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	29	130mm	29 號 130mm
黑曜石-29	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	30	130mm	30 號 130mm
黑曜石-30	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	31	130mm	31 號 130mm
黑曜石-31	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	32	130mm	32 號 130mm
黑曜石-32	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	33	130mm	33 號 130mm
黑曜石-33	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	34	130mm	34 號 130mm
黑曜石-34	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	35	130mm	35 號 130mm
黑曜石-35	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	36	130mm	36 號 130mm
黑曜石-36	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	37	130mm	37 號 130mm
黑曜石-37	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	38	130mm	38 號 130mm
黑曜石-38	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	39	130mm	39 號 130mm
黑曜石-39	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	40	130mm	40 號 130mm
黑曜石-40	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	41	130mm	41 號 130mm
黑曜石-41	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	42	130mm	42 號 130mm
黑曜石-42	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.000	0.0882	0.000	0.000	0.000	100.000	100.000	1715	333	111	1388	67	1388	67	1388	43	130mm	43 號 130mm
黑曜石-43	76.6734	0.1334	12.504	0.887	0.0665	0.000	0.5308	13.97	18.57	0.0																	

表2 続き 原産地黒曜石化学組成表 (単位wt%)

Table 2 Results of obsidian chemical analyses in the original locality

(1: 積分強度)

試料番号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb ₂ O	SrO	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	Total	Rb ₂ O	Sr ₂ O	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	試料種	備考	
多摩川 - 2	77.281	0.296	11.805	0.968	0.031	0.000	0.276	38.536	1.572	0.000	0.013	0.0127	0.0067	0.0180	100.000	88.3	972	33	129	黒石	黒曜石 1 - 2	
多摩川 - 3	77.315	0.185	11.855	0.935	0.037	0.000	0.294	4.328	1.328	0.000	0.016	0.0170	0.0090	0.0251	100.000	12.2	120	139	0	159	黒石	黒曜石 1 - 2
多摩川 - 4	76.948	0.199	12.929	0.985	0.020	0.000	0.951	0.771	4.452	0.000	0.036	0.0149	0.0083	0.0187	100.000	11.07	128	23	126	黒石	黒曜石 1 - 1	
多摩川 - 5	76.702	0.190	12.115	0.984	0.034	0.000	0.704	1.367	4.153	0.000	0.019	0.0161	0.0090	0.0181	99.999	9.94	118	310	126	黒石	黒曜石 1 - 2	
多摩川 - 6	77.557	0.174	12.112	0.986	0.034	0.150	0.768	1.467	4.182	0.000	0.013	0.0128	0.0033	0.0146	99.999	9.99	103	257	101	黒石	黒曜石 1 - 3	
多摩川 - 7	77.089	0.176	12.104	0.918	0.088	0.000	0.756	1.136	4.394	0.000	0.019	0.0180	0.0015	0.0165	100.000	10.5	113	109	113	黒石	黒曜石 2 - 2	
多摩川 - 8	77.035	0.166	12.882	0.919	0.085	0.000	0.750	1.120	4.466	0.000	0.010	0.0141	0.0015	0.0138	100.000	9.45	127	112	103	黒石	黒曜石 2 - 3	
多摩川 - 9	77.044	0.196	12.933	0.933	0.089	0.000	0.766	1.166	4.412	0.000	0.010	0.0131	0.0038	0.0163	100.000	12.21	121	281	135	黒石	黒曜石 2 - 3	
多摩川 - 10	77.175	0.197	12.117	0.920	0.032	0.000	0.738	1.374	4.277	0.000	0.007	0.0152	0.0011	0.0122	100.000	8.53	126	39	131	黒石	黒曜石 2 - 3	
多摩川 - 11	76.888	0.186	12.144	1.061	0.045	0.000	0.828	0.390	4.776	0.000	0.016	0.0150	0.0001	0.0141	100.000	11.10	119	115	75	137	黒石	黒曜石 2 - 4
多摩川 - 12	76.432	0.322	12.357	2.588	0.066	0.000	0.906	0.262	4.180	0.000	0.017	0.0067	0.0017	0.0194	100.000	67	133	261	127	黒石	母本質上部	
多摩川 - 13	76.482	0.3107	12.623	2.467	0.068	0.000	0.975	1.943	4.561	0.000	0.021	0.0081	0.0047	0.0236	99.999	184	129	217	155	黒石	母本質上部	
多摩川 - 14	76.430	0.327	11.865	2.510	0.095	0.187	1.918	3.320	1.107	0.332	0.002	0.0177	0.0061	0.0169	100.000	168	135	429	107	黒石	母本質上部	
多摩川 - 15	75.628	0.357	12.342	2.601	0.108	0.088	2.070	3.014	1.519	0.291	0.024	0.0188	0.0011	0.0216	99.999	172	126	283	130	黒石	母本質上部	
多摩川 - 16	76.885	0.284	12.102	2.275	0.069	0.000	1.860	1.925	1.359	0.113	0.000	0.0173	0.0019	0.0197	100.000	215	126	273	125	黒石	母本質上部	
多摩川 - 17	76.282	0.319	12.637	2.476	0.031	0.146	1.863	3.678	1.405	0.259	0.018	0.0168	0.0073	0.0165	100.000	283	131	336	133	黒石	母本質上部	
多摩川 - 18	75.817	0.219	13.014	2.213	0.076	0.076	1.959	1.878	1.772	0.000	0.026	0.0181	0.0066	0.0251	99.999	222	135	471	189	黒石	母本質上部	
多摩川 - 19	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 20	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 21	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 22	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 23	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 24	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 25	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 26	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 27	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 28	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 29	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 30	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 31	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 32	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 33	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 34	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 35	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 36	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 37	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 38	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 39	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 40	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 41	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 42	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 43	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 44	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 45	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 46	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 47	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 48	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 49	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 50	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 51	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 52	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 53	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 54	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.0051	0.0258	100.000	212	133	383	128	黒石	母本質上部	
多摩川 - 55	76.017	0.209	12.496	2.067	0.028	0.043	2.230	1.873	1.743	0.000	0.027	0.0167	0.									

表3 ガラス質安山岩化学分析表 (単位 wt%)

Table 3 Results of glassy andesite chemical analyses (1 : 積分強度)

試料番号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	B ₂ O ₃	SiO ₂	γ-O	ZrO ₂	Total	Re I	Si I	Zr I	集	号
Volc-1	61.8239	0.0393	16.0286	62.548	0.0390	0.0611	18.900	31.248	2.0546	0.3433	0.0026	0.0019	0.0005	0.0180	100.000	138	1928	22	771	八咫山系
Volc-2	66.1591	0.0862	15.2894	10.062	0.1259	0.0291	43.155	3.9863	2.7652	0.2952	0.0064	0.0000	0.0023	0.0213	100.000	392	2304	124	1034	八咫山系
Volc-3	63.3243	0.0300	15.9941	5.8111	0.0576	1.1813	5.2591	5.0749	2.1968	0.0000	0.0056	0.0031	0.0089	0.0052	100.000	292	2304	381	1102	八咫山系
Volc-4	63.9879	0.0276	19.2067	5.3093	0.1080	0.0706	1.9961	5.1068	2.0931	0.0000	0.0043	0.0016	0.0065	0.0180	100.000	262	2303	339	904	八咫山系
Volc-5	61.4355	0.0590	16.4805	5.3396	0.1365	0.0895	5.1136	4.3611	2.0935	0.0000	0.0043	0.0016	0.0073	0.0181	99.999	234	2383	390	811	八咫山系
Volc-6	62.8562	0.0570	17.7341	7.2621	0.1577	1.0829	5.6628	3.7249	2.1804	0.0000	0.0113	0.0005	0.0068	0.0316	99.999	191	1704	32	1399	武蔵系
Volc-7	56.0812	0.1108	17.0127	10.0466	0.1883	1.3001	7.2089	4.2752	1.7612	0.0000	0.0067	0.0000	0.0030	0.0211	100.000	530	1601	166	736	武蔵系
Volc-8	57.1824	0.1038	16.5717	9.8890	0.1740	2.5112	7.3778	3.6667	1.5514	0.0000	0.0016	0.0011	0.0075	0.0105	100.000	68	1313	292	376	武蔵系
Volc-9	59.0111	0.1116	17.3326	11.1325	0.1799	2.2417	7.1825	2.7423	1.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0110	99.999	0	1724	0	314	武蔵系
Volc-10	62.1304	0.0013	15.9838	8.0075	0.1628	0.7200	5.0109	4.0388	1.9722	0.0000	0.0042	0.0018	0.0015	0.0235	100.000	197	1287	193	328	武蔵系
Volc-11	59.0406	0.0091	16.0537	9.2697	0.1574	2.1161	6.6137	3.6290	1.9033	0.0000	0.0049	0.0000	0.0026	0.0213	100.000	297	1282	222	280	武蔵系
Volc-12	58.3943	0.1225	16.6691	9.2988	0.1621	1.1851	6.6881	4.1923	1.6753	0.0000	0.0029	0.0000	0.0031	0.0211	99.999	343	1238	201	777	武蔵系
Volc-13	59.2999	0.1125	16.1413	9.1436	0.1698	1.5766	6.7222	3.4715	1.7010	0.0000	0.0029	0.0037	0.0061	0.0273	100.000	286	1351	235	978	武蔵系
Volc-14	61.2016	0.0669	17.3537	7.3755	0.1729	1.9266	5.2116	3.3313	2.2546	0.0000	0.0012	0.0000	0.0016	0.0161	99.998	282	1383	71	690	武蔵系
Volc-15	59.4616	0.0673	16.7357	8.9508	0.1623	1.1462	6.5395	4.1153	1.7635	0.0000	0.0057	0.0007	0.0019	0.0274	99.999	410	1303	133	894	武蔵系
Volc-16	63.0945	0.0732	14.4741	7.3777	0.1621	0.8152	5.3599	4.1153	1.7635	0.0000	0.0057	0.0007	0.0019	0.0274	99.999	410	1303	133	894	武蔵系
Volc-17	58.1192	0.1362	16.1719	9.0247	0.1747	1.3761	6.9839	3.8944	1.7172	0.2903	0.0027	0.0017	0.0012	0.0213	100.000	115	1283	14	893	武蔵系
Volc-18	59.2513	0.1924	16.3731	9.3338	0.1522	1.2942	6.6107	3.8837	1.6782	0.2921	0.0068	0.0028	0.0019	0.0222	100.000	128	1294	195	829	武蔵系
Volc-19	60.2962	0.0429	16.4939	9.3960	0.1596	1.3828	6.4721	3.3470	1.9074	0.0000	0.0061	0.0022	0.0013	0.0283	100.000	347	1379	162	981	武蔵系
Volc-20	62.9270	0.0433	15.7167	7.7132	0.1369	0.9801	5.6942	4.0525	1.9306	0.0000	0.0038	0.0018	0.0012	0.0250	99.997	182	1270	54	1003	武蔵系
Volc-21	58.9487	0.1088	16.3367	9.1313	0.1611	1.7808	6.8338	3.3656	1.9610	0.0000	0.0036	0.0013	0.0059	0.0213	100.000	533	1147	231	772	武蔵系
Volc-22	58.0181	0.1104	16.1626	9.8255	0.1629	1.9343	6.9119	3.2629	1.6748	0.0000	0.0081	0.0085	0.0019	0.0170	99.998	360	1161	117	932	武蔵系
Volc-23	58.1574	0.1267	14.9333	10.0827	0.1680	1.9456	6.7608	3.6511	1.6714	0.1528	0.0086	0.0071	0.0008	0.0133	100.000	265	1360	81	181	武蔵系
Volc-24	59.6358	0.0628	16.7391	9.8786	0.1332	1.6141	6.6523	3.6792	1.9032	0.1188	0.0059	0.0028	0.0000	0.0220	100.000	249	1373	265	893	武蔵系
Volc-25	58.2572	0.1188	15.9888	10.8961	0.1411	2.1329	6.9534	3.3982	1.6413	0.1920	0.0036	0.0014	0.0073	0.0136	99.999	181	1312	274	639	武蔵系
Volc-26	62.8053	0.0807	15.5346	7.0917	0.1397	0.7163	5.4019	4.0413	2.1012	0.1211	0.0040	0.0025	0.0064	0.0346	100.000	279	1301	274	1368	武蔵系
Volc-27	55.8887	0.1257	16.1628	9.8047	0.1379	2.0387	7.1729	3.8722	1.5181	0.1870	0.0019	0.0071	0.0008	0.0203	100.000	265	1102	39	715	武蔵系
Volc-28	61.2928	0.0883	16.3903	7.8849	0.1333	0.9700	5.9322	4.3580	1.8711	0.1953	0.0049	0.0081	0.0020	0.0190	100.000	161	1387	298	736	武蔵系
Volc-29	57.7500	0.1733	14.0326	9.9031	0.1483	1.9368	6.7426	4.1698	1.6242	0.2861	0.0049	0.0014	0.0053	0.0201	100.000	291	1571	196	267	武蔵系
Volc-30	58.1183	0.1083	16.0571	9.0638	0.1570	1.3681	6.8779	3.8135	1.9633	0.1963	0.0022	0.0040	0.0065	0.0195	100.000	88	1315	242	698	武蔵系
Volc-31	58.7714	0.0857	16.8040	9.5300	0.1635	1.6507	6.7729	3.2674	1.3804	0.1769	0.0000	0.0033	0.0029	0.0222	99.999	0	1329	197	729	武蔵系
Volc-32	57.9577	0.1079	16.0616	9.6381	0.1488	1.4105	6.8103	4.2140	1.6343	0.0881	0.0027	0.0079	0.0019	0.0170	100.000	318	1312	71	617	武蔵系
Volc-33	58.9904	0.1126	16.4922	9.0679	0.1633	1.2801	6.9215	3.6386	1.6211	0.3329	0.0049	0.0019	0.0017	0.0120	100.000	147	1324	37	430	武蔵系
Volc-34	62.9221	0.0748	15.9762	7.4196	0.1189	0.9766	5.1337	4.3691	2.1801	0.3329	0.0068	0.0018	0.0035	0.0201	100.000	170	1203	133	1037	武蔵系
Volc-35	58.2610	0.1116	15.7424	9.8270	0.1340	1.7706	6.7129	4.2011	1.7291	0.1267	0.0033	0.0036	0.0026	0.0175	99.999	218	1137	39	698	武蔵系
Volc-36	59.5505	0.1112	16.2881	9.6671	0.1410	1.1898	6.7130	3.2637	1.6822	0.1767	0.0078	0.0070	0.0000	0.0208	100.000	331	1120	320	968	武蔵系
Volc-37	55.8833	0.0956	16.2913	9.2593	0.1339	2.4933	6.9215	3.6655	1.7106	0.3340	0.0030	0.0027	0.0017	0.0180	100.000	128	1255	66	682	武蔵系
Volc-38	58.3533	0.1016	17.0663	9.3221	0.1362	1.2903	6.8815	4.0653	1.8809	0.0347	0.0072	0.0019	0.0031	0.0132	100.000	304	1352	119	969	武蔵系
Volc-39	58.2904	0.1090	16.3583	9.9658	0.1619	1.5346	6.9211	4.2028	1.3991	0.1109	0.0034	0.0018	0.0000	0.0246	100.000	114	1377	0	869	武蔵系
Volc-40	58.2559	0.1230	14.3606	9.2000	0.1607	1.6962	7.2383	3.6655	1.6316	0.1929	0.0089	0.0104	0.0073	0.0105	100.000	280	1805	277	579	武蔵系
Volc-41	59.2975	0.1274	15.3000	9.8327	0.1628	1.6966	6.5102	4.1924	1.6131	0.0901	0.0074	0.0019	0.0026	0.0168	100.000	311	1671	99	268	武蔵系
Volc-42	57.9410	0.1265	16.6596	9.9548	0.1715	1.7367	7.2201	3.6721	1.9853	0.1829	0.0014	0.0014	0.0064	0.0127	100.000	57	1761	232	314	武蔵系
Volc-43	58.4551	0.1336	15.0544	10.8869	0.1626	1.6902	7.0509	3.3801	1.9442	0.1967	0.0052	0.0013	0.0058	0.0107	100.000	213	1814	218	586	武蔵系
Volc-44	59.2661	0.1208	15.4796	9.9885	0.1764	1.6892	6.7966	3.3373	1.5444	0.2067	0.0074	0.0033	0.0019	0.0068	100.000	203	1763	72	285	武蔵系
Volc-45	57.5259	0.1303	16.8138	9.9857	0.1822	1.3809	7.7742	3.3017	1.9777	0.1298	0.0000	0.0083	0.0033	0.0133	100.000	0	2423	191	514	武蔵系
Volc-46	58.2029	0.1386	14.8395	10.2979	0.1833	1.5728	7.3596	3.2294	1.5715	0.2289	0.0026	0.0014	0.0032	0.0131	100.000	100	1567	186	394	武蔵系
Volc-47	57.9410	0.1312	15.4320	10.3214	0.1947	1.7412	6.9133	4.0254	1.6256	0.1786	0.0019	0.0025	0.0000	0.0183	100.000	157	1638	0	607	武蔵系
Volc-48	59.1310	0.1364	15.2124	10.7112	0.2027	1.5719	6.7669	3.2124	1.5335	0.1916	0.0013	0.0010	0.0019	0.0138	100.000	344	1711	36	531	武蔵系
Volc-49	60.0663	0.2881	15.1644	9.9339	0.1830	1.0310	6.1427	3.2896	1.8952	0.1749	0.0031	0.0015	0.0000	0.0164	100.000	297	1481	0	367	武蔵系
Volc-50	57.9928	0.2951	16.2811	10.1658	0.1794	1.0990	7.5728	3.3180	1.1262	0.0900	0.0070	0.0026	0.0000	0.0177	99.999	280	1949	0	616	武蔵系

表3続 き ガラス質安山岩化学分析表 (単位 wt%)
Table 3 Results of glassy andesite chemical analyses

(1 : 積分強度)

試料番号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	RO ₂	SiO ₂	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	Total	RO ₂	Si ⁺	Y ⁺	Zr ⁺	備 考
Val. 31	57.9965	1.3311	16.5736	99.988	0.1841	1.8249	7.5415	3.2961	1.3078	0.0000	0.0000	0.0126	0.0028	0.0111	100.0000	247	1029	145	398	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 32	59.9742	1.2829	15.9621	95.510	0.1970	1.4286	6.6612	3.8101	1.2049	0.0000	0.0015	0.0135	0.0015	0.0178	100.0001	63	1351	28	628	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 33	59.6956	1.3621	15.9621	99.288	0.1887	1.3415	6.8862	3.2500	1.3137	0.0000	0.0036	0.0121	0.0017	0.0119	100.0000	148	1250	72	419	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 34	58.6322	1.2188	16.6951	97.228	0.2007	1.1974	7.2228	3.3426	1.3318	0.0339	0.0067	0.0122	0.0017	0.0118	100.0000	269	1347	61	400	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 35	60.3381	1.3529	15.1334	100.433	0.1865	1.3615	6.7728	2.8871	1.0863	0.0000	0.0020	0.0120	0.0036	0.0114	100.0000	83	1771	133	467	安山系 岩崎品岡源川
Val. 36	67.8007	1.5108	13.5118	107.753	0.2315	0.2066	5.0417	3.2503	1.7865	0.0000	0.0080	0.0170	0.0034	0.0111	100.0001	319	2111	234	562	安山系 トイ田川ノノ瀬市ノ谷
Val. 37	65.5082	1.2612	13.6018	101.002	0.2011	1.8634	7.1902	3.4172	1.1700	0.0000	0.0000	0.0149	0.0034	0.0127	100.0000	119	1999	121	423	安山系 トイ田川ノノ瀬市ノ谷
Val. 38	65.5149	0.9426	13.1722	90.508	0.1646	0.9474	5.2088	1.2913	1.1857	0.0000	0.0029	0.0161	0.0012	0.0139	100.0000	205	2112	201	624	安山系 トイ田川ノノ瀬市ノ谷
Val. 39	60.4125	1.1346	13.6171	98.147	0.1879	1.0353	6.1723	3.8769	1.0572	0.0296	0.0022	0.0128	0.0036	0.0174	99.9999	90	1372	90	607	安山系 甘支川北島山嶺川
Val. 40	59.6973	1.2122	16.1280	94.452	0.1743	1.2210	6.8415	3.9581	1.2362	0.0021	0.0000	0.0140	0.0021	0.0163	100.0000	0	1749	230	346	安山系 甘支川小砂地市ノ谷川
Val. 41	61.7253	1.2314	14.8301	89.886	0.1767	1.2600	6.1436	3.8881	1.9420	0.0000	0.0045	0.0141	0.0052	0.0091	100.0001	154	1443	326	333	安山系 昔久山田川源川
Val. 42	60.1746	1.2310	14.8311	100.851	0.1861	1.0283	6.7419	3.2902	1.6281	0.0000	0.0080	0.0151	0.0007	0.0128	100.0000	269	1266	27	415	安山系 昔久山田川源川
Val. 43	59.1206	1.3506	13.2066	103.256	0.1881	1.6310	6.8038	3.1907	1.2566	0.0766	0.0028	0.0152	0.0000	0.0112	100.0001	113	1790	0	388	安山系 昔久山田川源川
Val. 44	67.6108	0.8116	13.1685	52.941	0.1028	0.8827	3.8790	3.9067	2.0280	0.0000	0.0080	0.0160	0.0004	0.0120	100.0001	207	2032	73	970	安山系 トイ田川ノノ瀬市ノ谷
Val. 45	61.6357	0.8832	13.6537	53.682	0.1280	1.0340	3.1541	3.1378	2.0438	0.0000	0.0063	0.0196	0.0000	0.0178	100.0000	360	2111	0	861	安山系 トイ田川ノノ瀬市ノ谷
Val. 46	58.5277	1.1041	16.1127	99.661	0.2048	1.6612	7.4453	3.3842	1.3331	0.0000	0.0000	0.0177	0.0031	0.0179	99.9999	248	1795	114	603	安山系 トイ田川相田川源川
Val. 47	61.4244	1.3004	14.1607	95.522	0.1857	1.0832	5.6561	3.6197	1.9411	0.0000	0.0073	0.0188	0.0026	0.0129	100.0001	297	1357	94	769	安山系 トイ田川相田川源川
Val. 48	59.4261	1.1513	13.6176	97.739	0.1901	1.0653	6.5526	3.7107	1.7561	0.0000	0.0051	0.0173	0.0066	0.0128	99.9999	205	1789	241	769	安山系 トイ田川相田川源川
Val. 49	60.4197	1.2686	13.6176	97.739	0.1901	1.0653	6.5526	3.7107	1.7561	0.0000	0.0051	0.0173	0.0066	0.0128	99.9999	205	1789	241	769	安山系 トイ田川相田川源川
Val. 50	59.1989	1.2984	13.7100	101.100	0.1629	1.3885	6.8088	3.1923	1.4910	0.0000	0.0030	0.0184	0.0015	0.0162	99.9999	127	1847	174	789	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 51	61.8290	1.1311	13.1579	93.756	0.1869	1.2839	5.8288	3.6738	1.8165	0.0000	0.0000	0.0208	0.0022	0.0171	100.0002	264	1680	88	629	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 52	60.8972	1.2615	13.6176	100.132	0.1818	0.9258	6.1012	3.4625	1.7739	0.0000	0.0041	0.0177	0.0028	0.0122	100.0000	253	1818	140	410	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 53	60.2043	1.3192	13.1962	100.033	0.1664	0.9202	6.4481	3.6670	1.7624	0.0000	0.0000	0.0248	0.0020	0.0161	99.9999	245	1785	409	538	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 54	61.6362	1.2658	13.1881	97.812	0.1620	1.1282	6.2806	3.8046	1.7192	0.0000	0.0041	0.0185	0.0035	0.0123	100.0001	182	1662	133	432	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 55	59.8074	1.2807	13.1897	97.903	0.1392	1.2866	6.1504	4.0335	1.5750	0.0000	0.0000	0.0205	0.0000	0.0134	100.0000	171	1628	0	390	安山系 トイ田川小砂地市ノ谷川
Val. 56	57.6455	1.2319	16.6448	58.444	0.2012	1.7774	7.2465	3.6366	1.4355	0.0000	0.0000	0.0183	0.0028	0.0093	100.0000	247	1817	142	324	安山系 トイ田川市ノ谷川源川
Val. 57	58.5307	1.1572	15.8533	110.018	0.1729	1.4424	7.0651	3.6051	1.8166	0.0000	0.0081	0.0197	0.0000	0.0134	99.9999	314	1166	0	426	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 58	58.7368	1.2452	13.6062	104.980	0.1803	1.2313	7.5357	4.3413	0.9510	0.0000	0.0000	0.0221	0.0000	0.0117	100.0000	24	1193	0	402	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 59	58.7369	1.1557	15.8577	104.907	0.1826	1.1121	7.1496	4.0415	0.9346	0.0000	0.0000	0.0212	0.0004	0.0138	100.0000	126	1395	15	401	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 60	59.0131	1.1733	13.6258	103.906	0.1774	1.1340	7.1469	4.0257	0.8722	0.0000	0.0013	0.0185	0.0021	0.0109	99.9999	49	1292	71	353	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 61	59.0776	1.1592	13.6084	108.219	0.1874	0.8896	7.0822	3.9324	0.9269	0.0011	0.0000	0.0212	0.0073	0.0175	99.9999	0	1035	246	543	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 62	58.8097	1.0976	13.6074	108.790	0.1779	0.8330	7.0115	4.2992	0.8866	0.0000	0.0016	0.0135	0.0017	0.0109	100.0000	62	1344	63	333	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 63	59.1879	1.1287	13.7895	103.988	0.1621	1.1829	7.1283	3.9177	0.8900	0.0000	0.0003	0.0130	0.0019	0.0088	99.9998	14	1296	151	305	安山系 大蔵町大蔵大蔵海苔
Val. 64	61.9851	1.0346	14.1520	80.951	0.1143	1.7966	6.4774	3.3015	1.6755	0.0000	0.0000	0.0149	0.0029	0.0123	100.0000	334	1063	113	1164	安山系 物太町大蔵大蔵海苔
Val. 65	60.4147	1.1433	13.6760	99.662	0.1354	1.9994	7.0662	2.8841	1.2563	0.0000	0.0007	0.0121	0.0009	0.0165	100.0001	154	1733	147	360	安山系 物太町大蔵大蔵海苔
Val. 66	63.4153	0.8888	13.5750	7.3017	0.1286	0.8911	5.6964	4.2480	1.9572	0.0000	0.0000	0.0141	0.0085	0.0144	99.9998	374	1633	366	2463	安山系 物太町大蔵大蔵海苔
Val. 67	63.1345	0.7216	14.6880	7.7344	0.1286	0.8908	5.6962	3.8648	1.8829	0.0000	0.0000	0.0141	0.0036	0.0136	100.0000	343	1475	246	1731	安山系 物太町大蔵大蔵海苔
Val. 68	63.5004	0.7633	15.7446	7.3994	0.1222	0.1565	5.5423	3.7693	2.2407	0.0000	0.0000	0.0107	0.0000	0.0139	99.9999	288	1354	268	1344	安山系 物太町大蔵大蔵海苔
Val. 69	63.1353	0.7066	15.7446	7.1884	0.1322	0.2817	5.6001	3.6015	1.9044	0.0000	0.0000	0.0162	0.0023	0.0128	100.0000	491	1243	301	1137	安山系 安山系大蔵大蔵海苔
Val. 70	60.8492	1.1073	13.6872	100.738	0.1751	0.7363	5.8347	4.0411	1.1740	0.0000	0.0000	0.0162	0.0010	0.0135	100.0000	496	1311	48	534	安山系 安山系大蔵大蔵海苔
Val. 71	61.2923	0.9344	13.6022	7.1368	0.1328	0.7483	3.1441	4.2590	2.9063	0.0000	0.0016	0.0130	0.0010	0.0127	100.0001	560	1366	179	1123	安山系 手取川市市久留里
Val. 72	63.7631	0.9829	13.6022	6.9833	0.0126	0.6486	5.3198	4.2508	2.2134	0.0000	0.0017	0.0187	0.0002	0.0123	100.0001	239	1888	298	1213	安山系 手取川市市久留里
Val. 73	61.8488	0.9286	16.1331	7.0077	0.1140	0.8212	5.4553	4.2444	2.1601	0.0000	0.0000	0.0176	0.0012	0.0102	99.9999	278	1680	192	1382	安山系 手取川市市久留里
Val. 74	61.6613	0.9182	13.6147	6.7860	0.1174	0.4454	4.9701	4.0429	2.3372	0.0000	0.0001	0.0163	0.0000	0.0129	99.9998	325	1628	0	1166	安山系 手取川市市久留里
Val. 75	64.0150	0.9882	15.1066	7.2533	0.1186	0.3154	3.1314	4.3311	2.2596	0.0000	0.0007	0.0106	0.0028	0.0179	100.0001	374	1636	122	1138	安山系 手取川市市久留里
Val. 76	64.3811	0.9223	13.6011	6.7520	0.1340	0.3317	3.0251	4.2483	2.2855	0.0000	0.0000	0.0126	0.0003	0.0136	100.0000	355	1335	16	874	安山系 手取川市市久留里
Val. 77	61.6985	0.7468	13.8917	7.3653	0.1276	0.8944	5.4552	3.7655	2.1119	0.0000	0.0001	0.0167	0.0016	0.0136	100.0000	437	1556	477	1247	安山系 手取川市市久留里
Val. 78	61.7750	0.9855	13.6058	6.8481	0.1260	0.4676	5.0487	3.8028	2.1940	0.0000	0.0018	0.0172	0.0033	0.0128	100.0001	367	1604	154	1054	安山系 手取川市市久留里
Val. 79	62.0626	0.9123	13.1701	7.9674	0.1514	1.0533	5.8807	4.0010	1.7700	0.0000	0.0007	0.0169	0.0029	0.0151	100.0000	322	1669	171	627	安山系 手取川市市久留里
Val. 100	61.8460	0.9928	13.1613	8.6880	0.1700	1.2201	6.2249	3.8762	1.7086	0.0000	0.0008	0.0169	0.0027	0.0150	99.9999	36	1445	295	371	安山系 物太町市市久留里

Table 3 Results of glassy andesite chemical analyses

(I: 積分強度)

分析值の酸化物重量%、元素重量%別を

堆積したものである。表3のガラス質安山岩は河床に堆積した転石が主である。）

長野県の黒曜石は和田峠系－1（西餅屋，東餅屋，小深沢），和田峠系－2（男女倉5，星ヶ塔），蓼科系（冷山，麦草峠），神奈川県と静岡県伊豆箱根系（神奈川県の畑宿，静岡県の鍛冶屋，柏峠，上多賀），東京都の神津島，栃木県の高原山に名称分類した。ガラス質安山岩は長野県の八風山系（香坂川），群馬県の武尊系（1～2），荒船系（1～3），栃木県の姿川系（宇都宮周辺，武子川），茨城県の大洗系（大洗海岸），千葉県君津系（万田野）に名称分類した。

3.1 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ の相関について

①図2の総合図に示すようにガラス質安山岩の大半は安山岩の領域である SiO_2 が52～66%の領域に分布し，黒曜石は SiO_2 が66%以上の流紋岩の領域，特に，74～78%の狭い領域に分布する。荒船系－3は安山岩領域と流紋岩領域の境界にある。

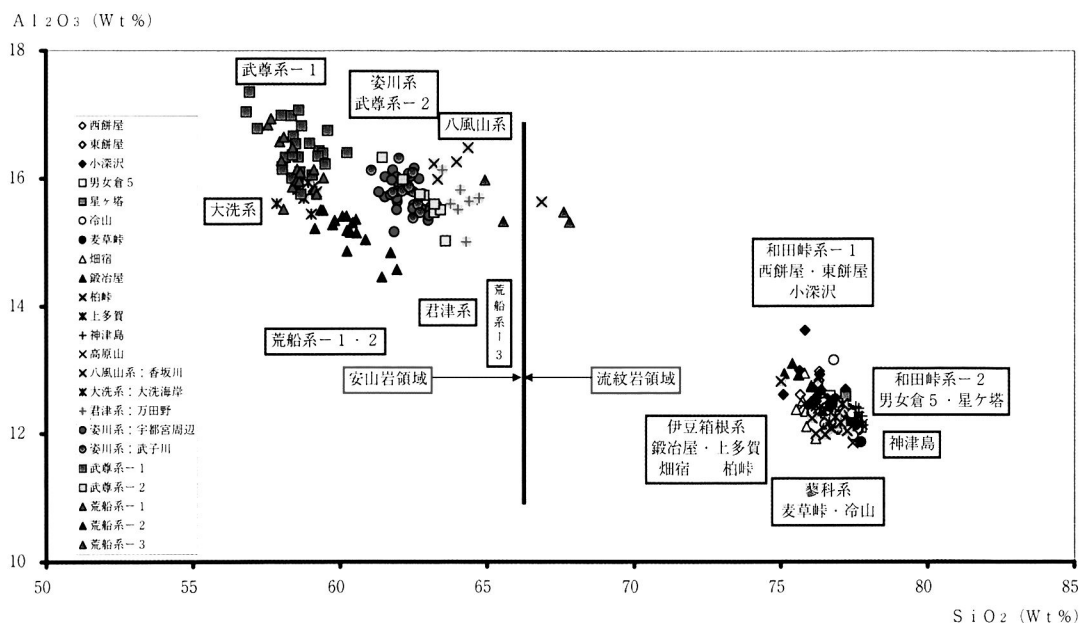


図2 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 図（総合図）

Fig.2 Relationship between SiO_2 and Al_2O_3 (the consolidated relationship of obsidian and glassy andesite)

②図2.1に示すように， SiO_2 が74.8～77.4%は伊豆箱根系，75.8～78%は蓼科系，75.5～77.5%は和田峠系－1，76.3～77.8%は和田峠系－2，77.5～78%は神津島，75.7～78%は栃木県の高原山と各領域に分れる。全体的には伊豆箱根系は SiO_2 が低い領域，蓼科系や和田峠系は中間領域，神津島は高い領域に集中する。高原山の黒曜石は中間にあり，和田峠系や蓼科系と領域を同じくする。黒曜石全体の Al_2O_3 は11.5～13.5%と領域が狭い。

③図2.2に示すようにガラス質安山岩は SiO_2 が56～66%の安山岩領域にその大半が分布する。

武尊系－1は SiO_2 が56～61%，武尊系－2は61～64%と同じ武尊系でありながら領域が異なる。

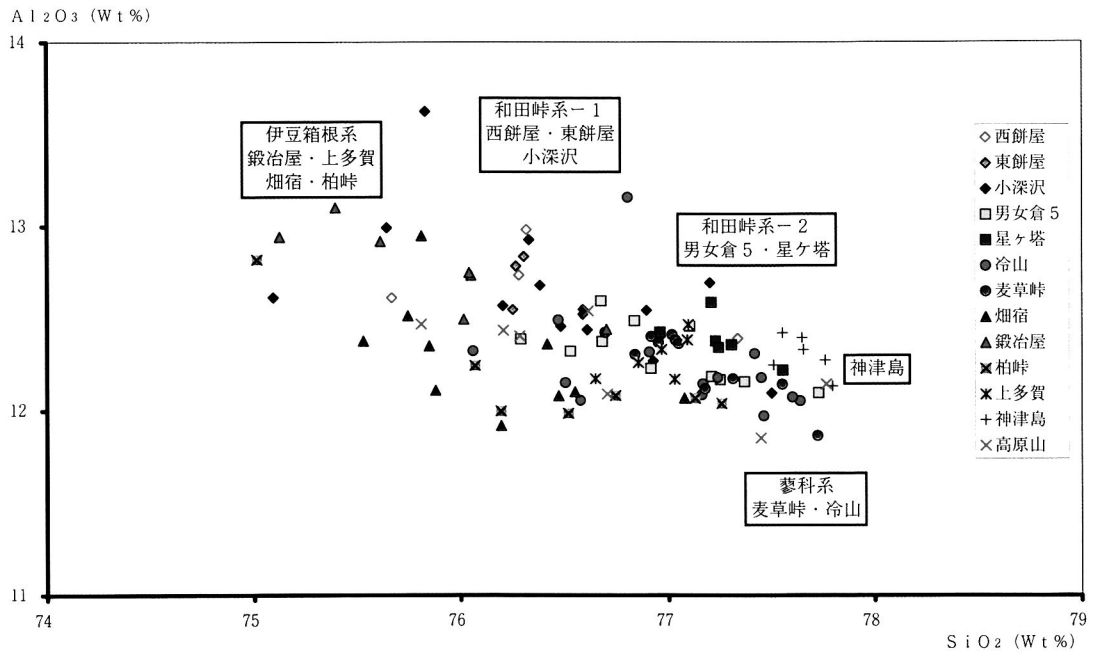


図2.1 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 図 (黒曜石)
Fig.2.1 Relationship between SiO_2 and Al_2O_3 (obsidian)

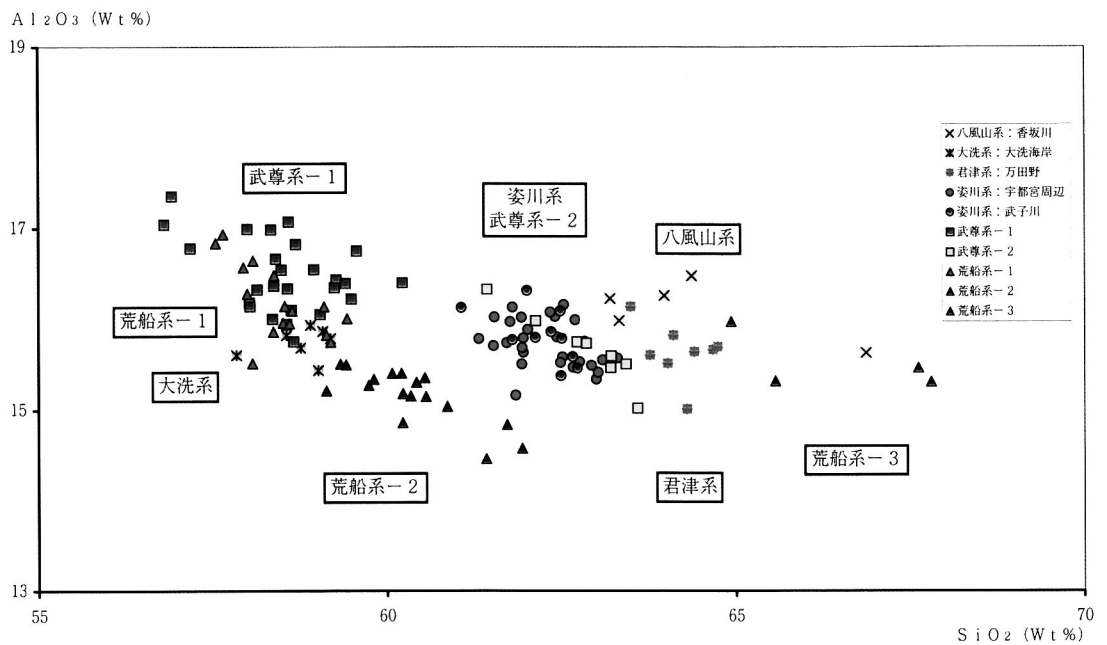


図2.2 $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ 図 (ガラス質安山岩)
Fig.2.2 Relationship between SiO_2 and Al_2O_3 (glassy andesite)

って分類される。

荒船系は荒船系－1が57～60%，荒船系－2が59～62%，荒船系－3が64～68%の領域にあり，3タイプに分類される。大洗系は57～60%の領域にあり，荒船系－1の領域と近い。姿川系は61～65%の領域にあり，武尊系－2と同じ領域にある。君津系は63～65%，八風山系は63～67%の領域にある。

3.2 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ の相関について

①図3の総合図に示すように， Fe_2O_3 が4%以上の領域にはガラス質安山岩が分布し，4%以下の領域には黒曜石が分布する。

②図3.1に示すように， Fe_2O_3 が1.5%以上の領域には伊豆箱根系と栃木県の高原山の黒曜石が分布し， Na_2O が低い領域から高い領域にむかって高原山，柏峠，鍛冶屋，上多賀，畑宿と産地ごとに分類される。

長野県の和田峠系－1と和田峠系－2，蓼科系および神津島の各黒曜石は Fe_2O_3 が1.5%以下で，そのうちの0.5～1.0%の狭い領域に集中する。その中でやや Fe_2O_3 の高い領域に和田峠系－2の男女倉5と蓼科系の黒曜石が分布し， Fe_2O_3 が低い領域には和田峠系－1と和田峠系－2の星ヶ塔の黒曜石が分布する。神津島の黒曜石は Na_2O の値が高い領域に集中する。

③図3.2に示すように八風山系と荒船系－3は Fe_2O_3 が4.7～6.1%，君津系は Fe_2O_3 が6.8～7.4，武尊系－2は7.4～8.1%，姿川系は7.8～8.7%の各領域に分布する。武尊系－1，荒船系－1，荒船系－2は8.9～10.7%の領域で混在する。大洗系は10.5～11.5%の領域に分布する。（このガラス質安山岩の図は Fe_2O_3 の値が Na_2O の値より大きいので，X軸とY軸を入れ替えてある。）

3.3 $\text{K}_2\text{O}-\text{CaO}$ の相関について

①図4の総合図に示すように， CaO が3.8%以上の領域にはガラス質安山岩が分布し，0～3.8%の領域には黒曜石が分布する。

②図4.1に示すように， CaO が0～3.8%の領域にあって， K_2O が1～4%の領域には伊豆箱根系，栃木県の高原山の黒曜石が分布し， K_2O が低い方から畑宿，鍛冶屋，上多賀，柏峠，高原山が分布する。

長野県の黒曜石は K_2O が4～6%， CaO が0～1%の狭い領域にあり，蓼科系の麦草峠と冷山は CaO が高い領域にあり， CaO が低い領域には和田峠系－1の東餅屋，西餅屋，小深沢と和田峠系－2の星ヶ塔と男女倉5の黒曜石が分布する。神津島の黒曜石は伊豆箱根系と信州系の両領域とは異なり， CaO が1.0%以下で K_2O が3.2～3.7%の領域にあって異質である。

③図4.2に示すように八風山系，荒船系－3，君津系は CaO が4.5～5.5%の領域にあり， CaO が4.8～8.0%の領域で， CaO が低い領域から高い領域に向かって武尊系－2，姿川系，荒船系－2，武尊系－1，大洗系，荒船系－1と各産地ごとに分布する。（このガラス質安山岩の図は CaO の値が K_2O の値より大きいので，X軸とY軸を入れ替えてある。）

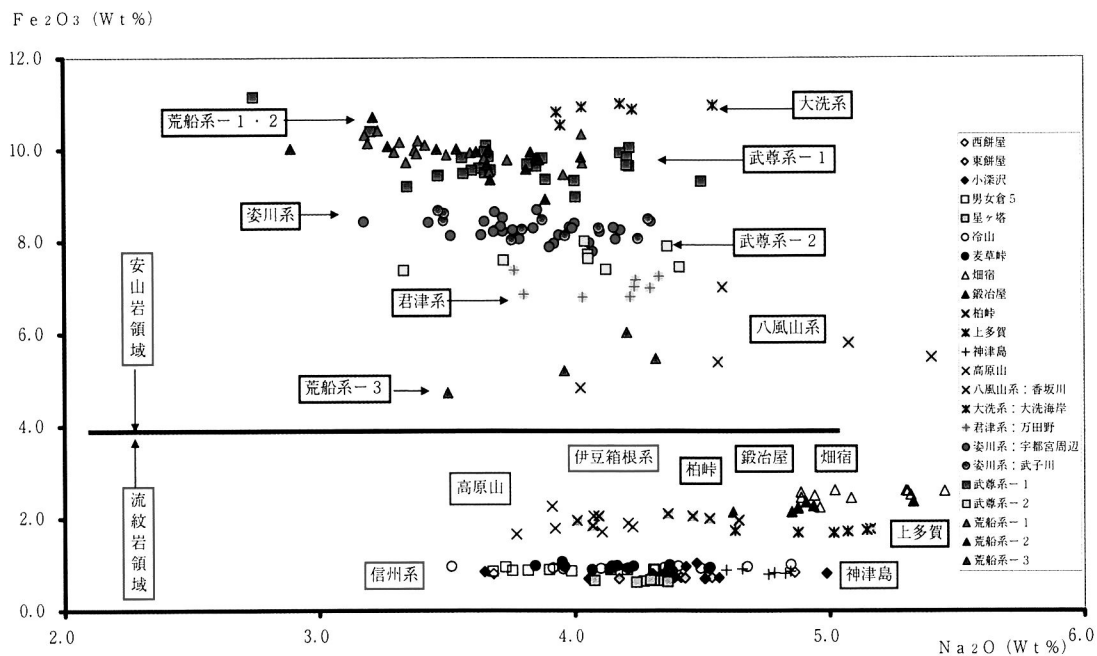


図3 $\text{Na}_2\text{O} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ 図 (総合図)
Fig.3 Relationship between Na_2O and Fe_2O_3 (the consolidated relationship of obsidian and glassy andesite)

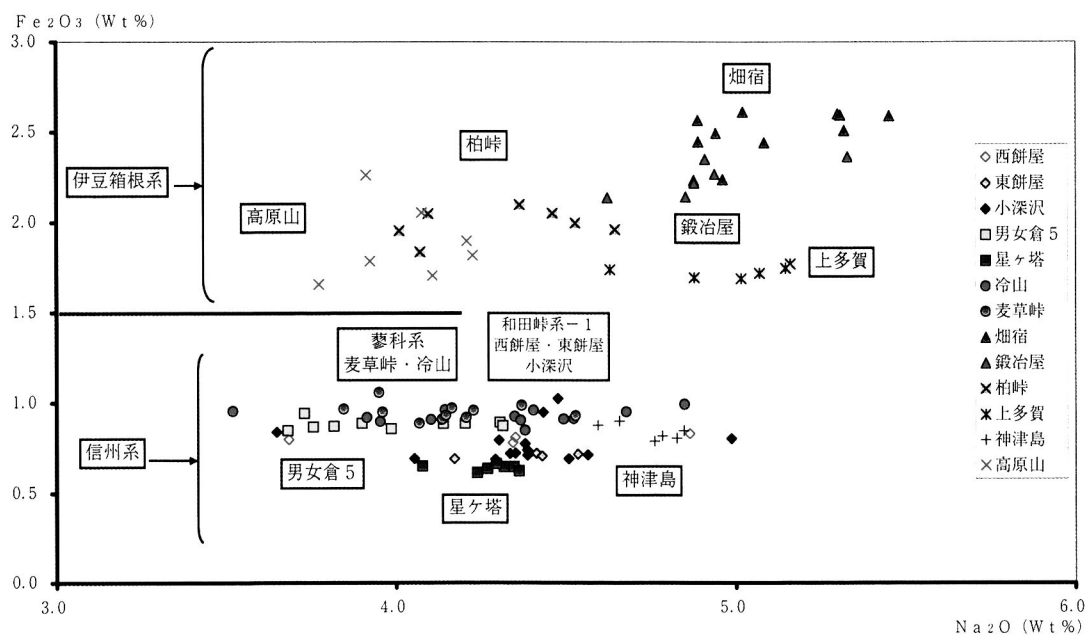


図3.1 $\text{Na}_2\text{O} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ 図 (黒曜石)
Fig.3.1 Relationship between Na_2O and Fe_2O_3 (obsidian)

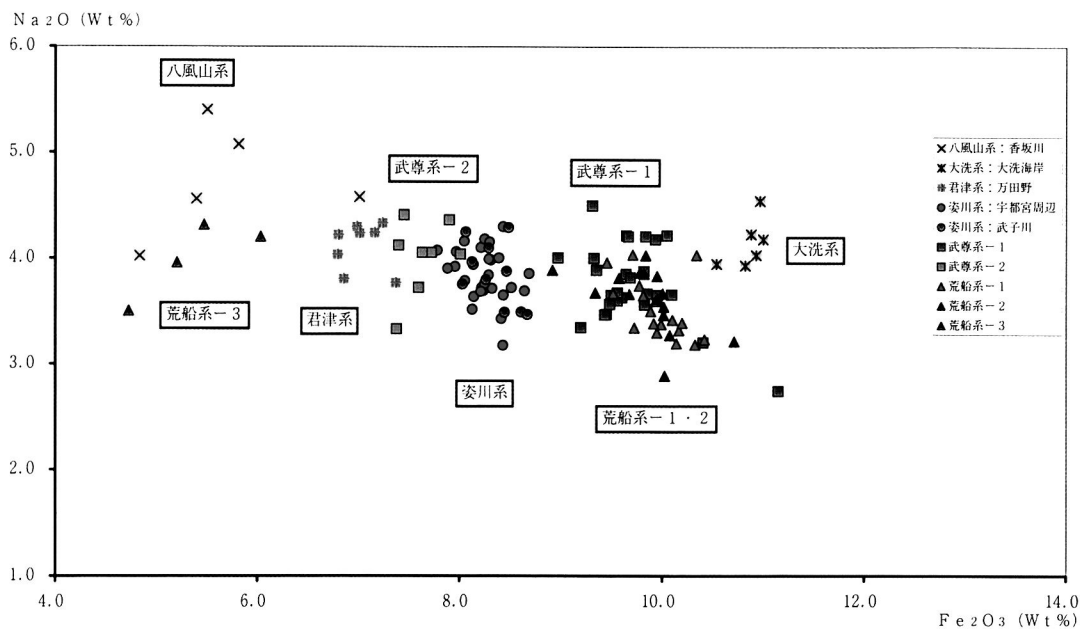


図3.2 Fe_2O_3 - Na_2O 図 (ガラス質安山岩)
Fig.3.2 Relationship between Fe_2O_3 and Na_2O (glassy andesite)

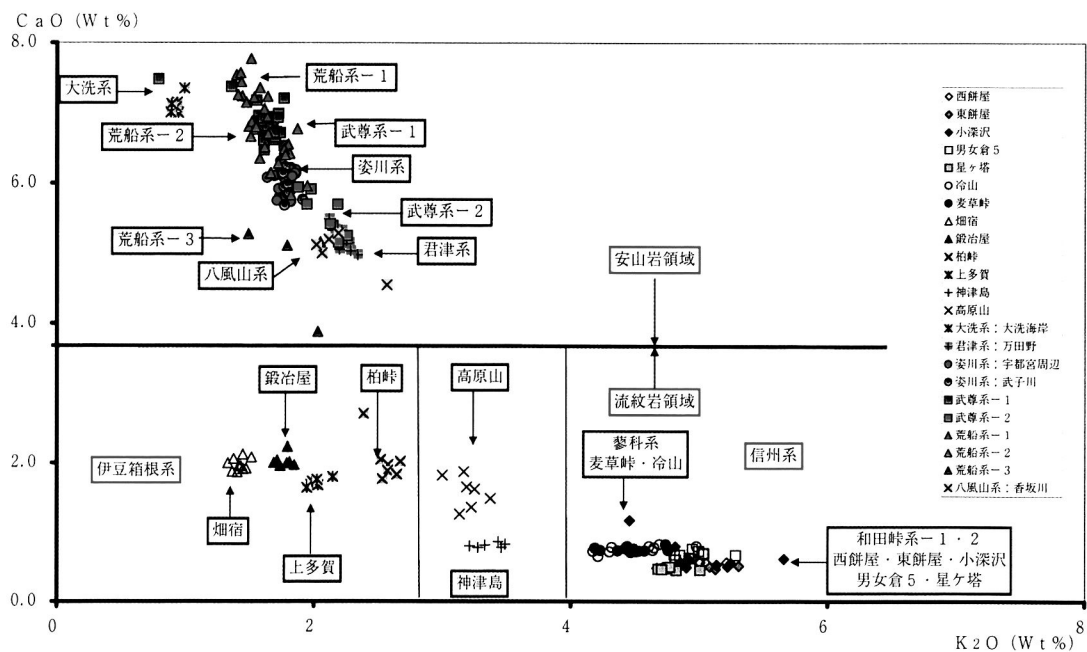


図4 K_2O - CaO 図 (総合図)
Fig.4 Relationship between K_2O and CaO (the consolidated relationship of obsidian and glassy andesite)

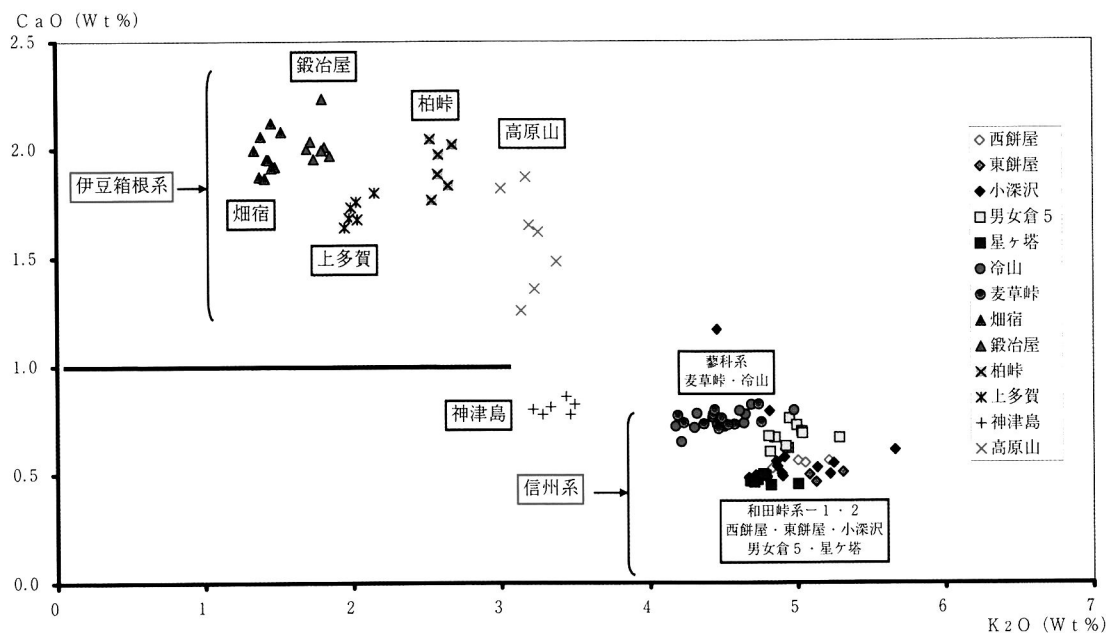


図4.1 K_2O - CaO 図 (黒曜石)
Fig.4.1 Relationship between K_2O and CaO (obsidian)

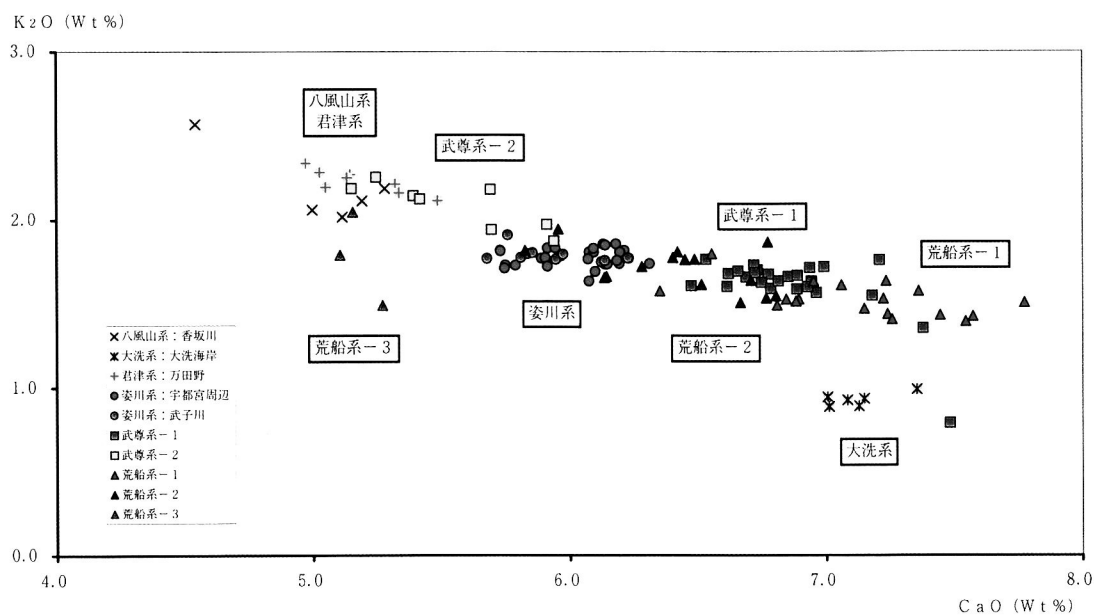


図4.2 CaO - K_2O 図 (ガラス質安山岩)
Fig.4.2 Relationship between CaO and K_2O (glassy andesite)

3.4 TiO₂－MnOの相関について

①図5の総合図に示すように、TiO₂が0～0.6%の領域には黒曜石が分布し、0.6～1.5%の領域にはガラス質安山岩が分布する。

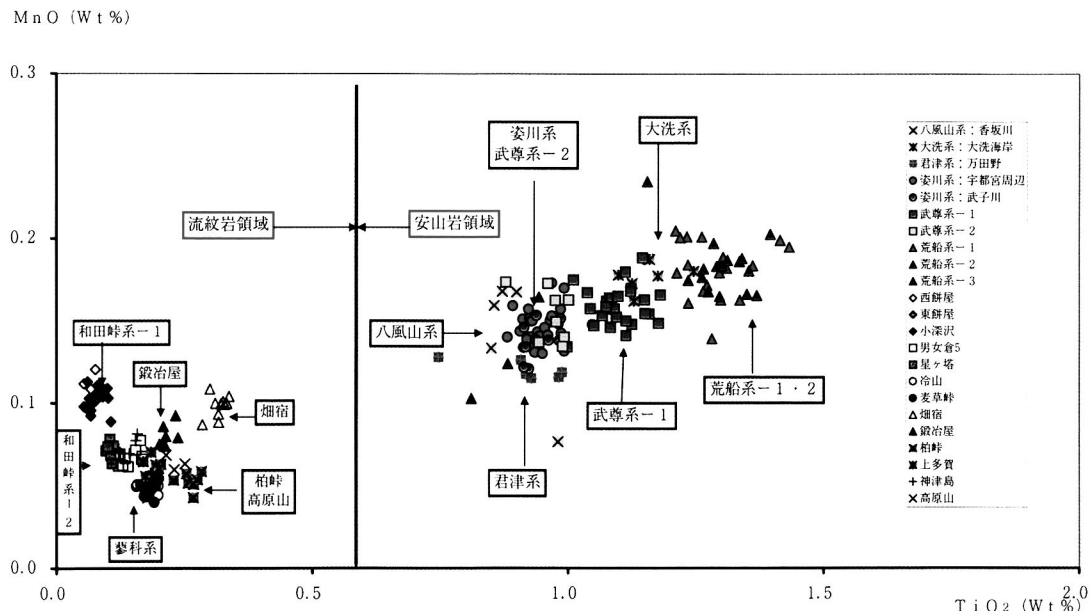


図5 TiO₂－MnO図（総合図）

Fig.5 Relationship between TiO₂ and MnO (the consolidated relationship of obsidian and glassy andesite)

②図5.1に示すようにTiO₂が低い領域から高い領域に向かって、0.05～0.1%に和田峠系－1，0.08～0.12%に和田峠系－2の星ヶ塔，0.12～0.16%には和田峠系－2の男女倉と神津島，0.15～0.21%には蓼科系と上多賀，0.2～0.25%には鍛冶屋と高原山，0.23～0.29%には柏峠，0.28～0.35%には煙宿が分布する。他の元素組み合わせでは分別できなかった和田峠系－2の星ヶ塔と男女倉5が分類できる。

③図5.2に示すようにTiO₂が0.75～1.02%の領域には八風山系，荒船系－3，武尊系－2，姿川系，君津系が混在する。1.0～1.2%の領域には武尊系－1と大洗系が混在する。1.2～1.5%の領域には荒船系－1と荒船系－2が集中する。他の元素組み合わせでは武尊系－1と荒船系－1・2は同じ領域に分布するが，TiO₂－MnOの相関では異なる領域に分布し，両者は分別される。

3.5 Rb－Srの相関について

①図6の総合図に示すように，Rbの積分強度が0～750，Srの積分強度が1000～2500の領域にガラス質安山岩が分布し，Rbの積分強度が0～3300，Srの積分強度が0～1600の領域に黒曜石が分布する。

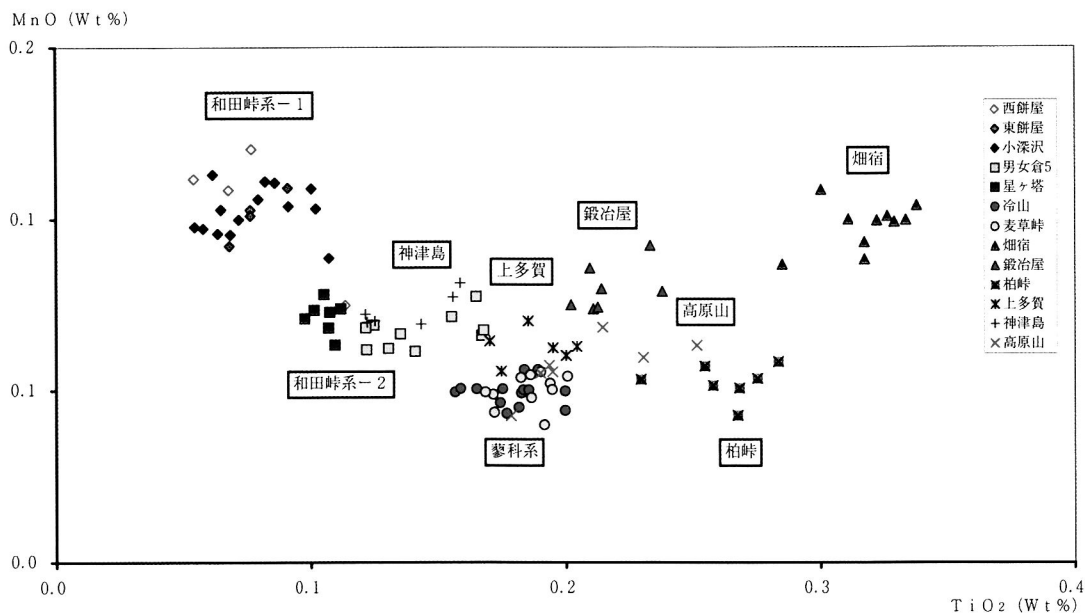


図5.1 TiO₂ - MnO図 (黒曜石)
Fig.5.1 Relationship between TiO₂ and MnO (obsidian)

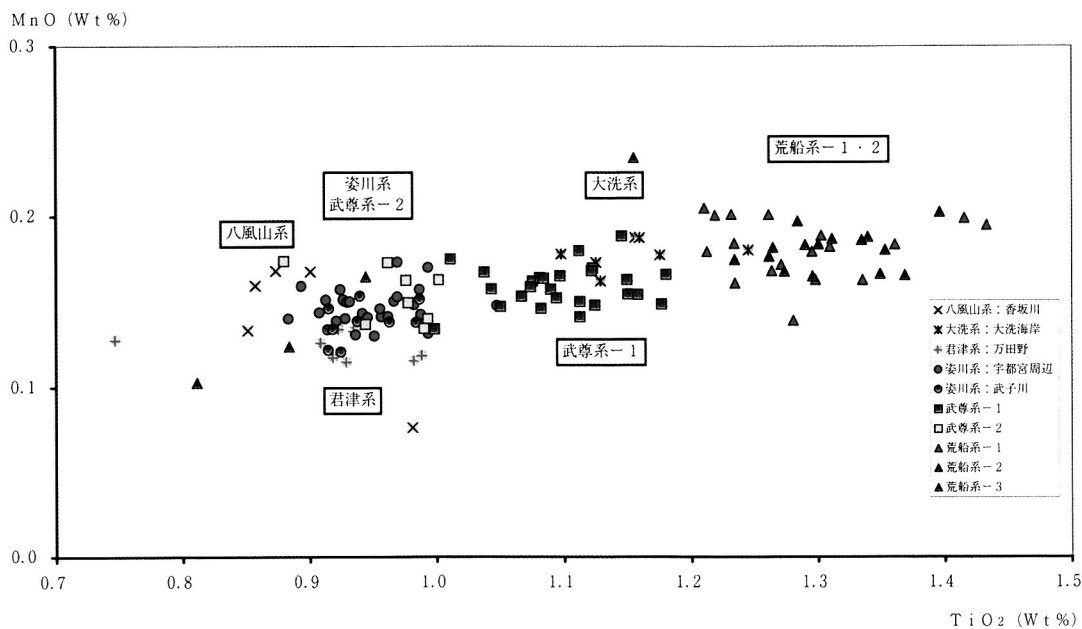


図5.2 TiO₂ - MnO図 (ガラス質安山岩)
Fig.5.2 Relationship between TiO₂ and MnO (glassy andesite)

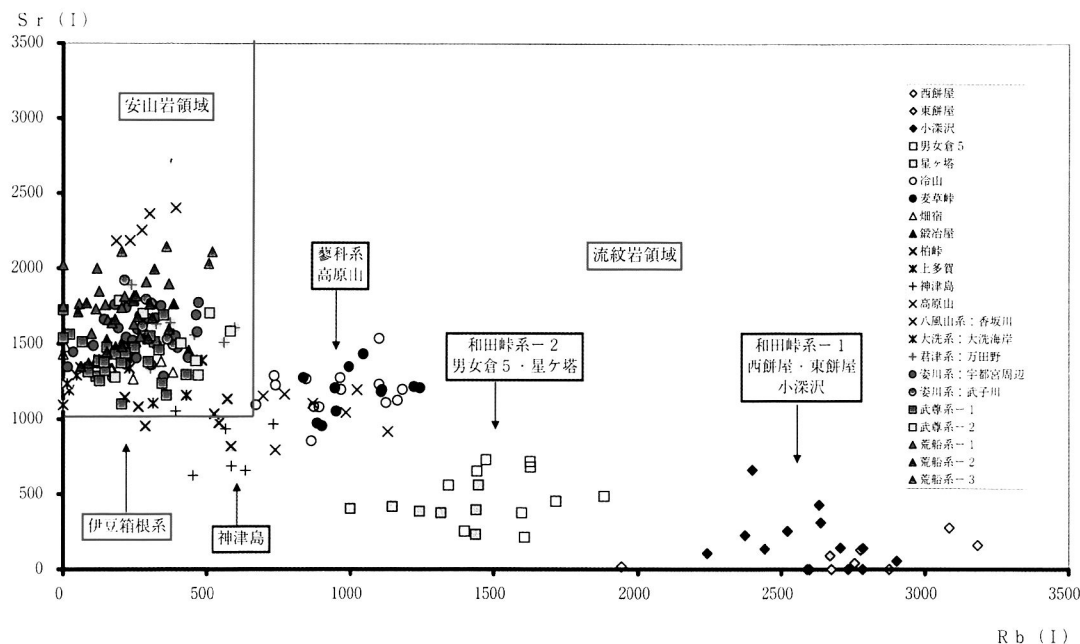


図6 Rb - Sr図 (総合図)
Fig.6 Relationship between Rb and Sr (the consolidated relationship of obsidian and glassy andesite)

②図6.1に示すように、Rbの積分強度が0～800、Srの積分強度が500～2000の領域には伊豆箱根系と神津島、Rbが700～1400、Srが700～1500の領域には蓼科系と栃木県の高原山、Rbが1000～2000、Srが0～800の領域には和田峠系-2の星ヶ塔と男女倉5、Rbが1900～3300、Srが0～700の領域には和田峠系-1の東餅屋、西餅屋、小深沢が集中し、領域によって原産地の地域がおおむね分類できる。ここでの特徴は $K_2O - CaO$ の相関において近接する領域にある和田峠系-1と和田峠系-2が分類されることである。

高原山の黒曜石は蓼科系と領域を同じくし、神津島の黒曜石は伊豆箱根系と蓼科系の両方の領域に重複し、高原山と神津島の黒曜石はこのRb - Srの相関では判然としない。

③図6.2に示すように、各地のガラス質安山岩はSrが1000～2500、Rbが0～750の領域の中に混在して分布する。大まかには、武尊系-1と2はSrの低い領域、荒船系-1～3はSrの高い領域と異なる領域に分布する。大洗系はSrとRbが低い領域に集中する。姿川系はSrが1200～1900、Rbが0～500の領域にあり、武尊系と荒船系の間領域に分布する。Sr - Rbの元素組み合わせは他の元素組み合わせのように採取地ごとの分類は難しい。(このガラス質安山岩の図はSrの積分強度がRbの積分強度より大きいので、X軸とY軸を入れ替えてある。)

3.6 Zr-Yの相関について

①図7の総合図に示すように、ガラス質安山岩はZrの積分強度が200～1500、Yが0～500の領域に分布し、黒曜石はZrの積分強度が500～2600、Yが0～900の領域に分布する。

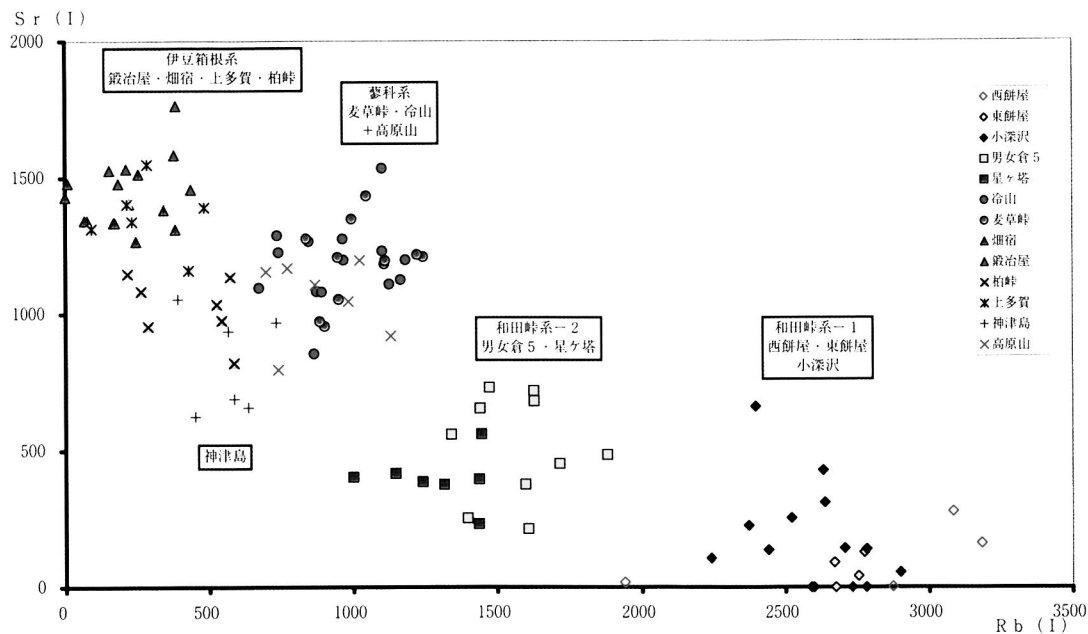


図6.1 Rb - Sr図 (黒曜石)
Fig.6.1 Relationship between Rb and Sr (obsidian)

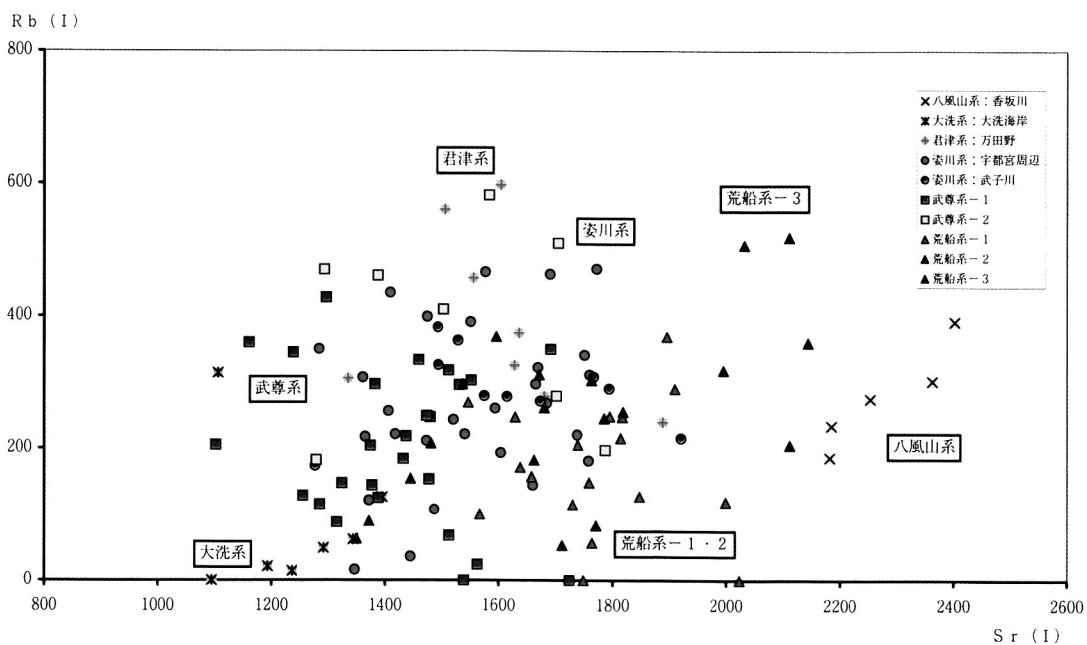


図6.2 Sr and Rb図 (ガラス質安山岩)
Fig.6.2 Relationship between Sr and Rb (glassy andesite)

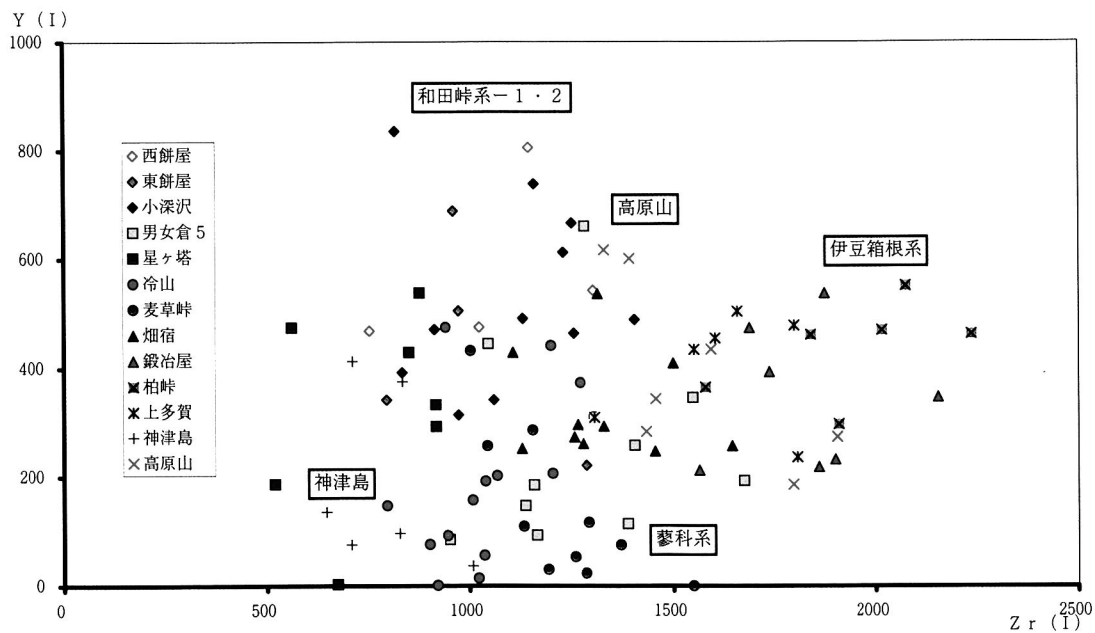


図7.1 Zr - Y図 (黒曜石)
Fig.7.1 Relationship between Zr and Y (obsidian)

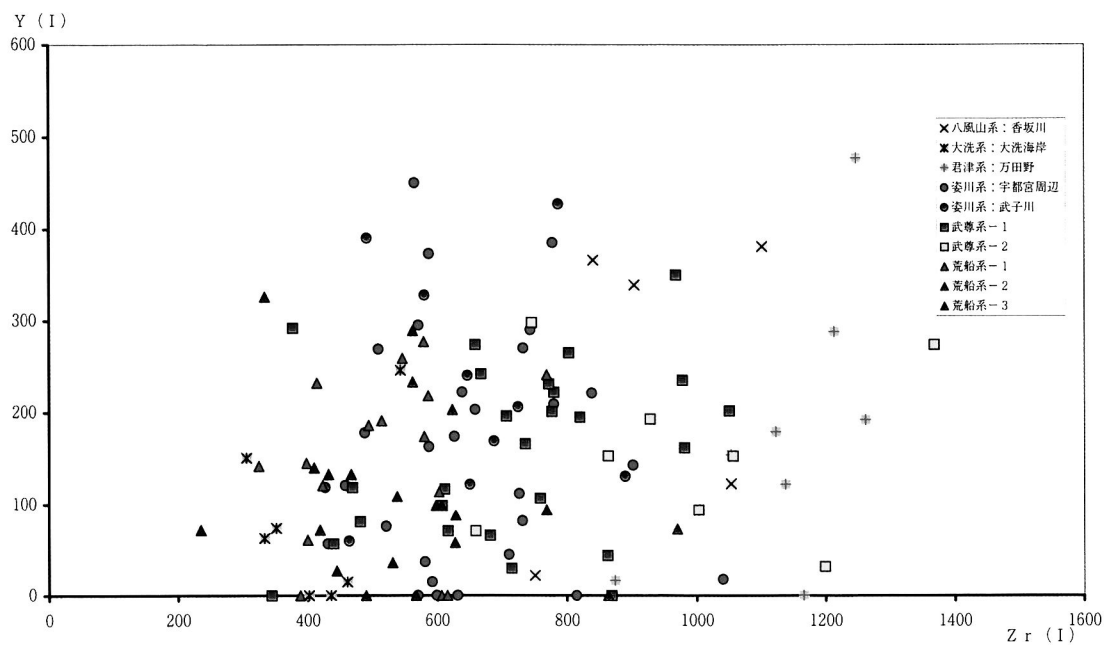


図7.2 Zr - Y図 (ガラス質安山岩)
Fig.7.2 Relationship between Zr - Y (glassy andesite)

4. まとめ

1) ガラス質火山岩と呼ばれる黒曜石とガラス質安山岩は岩石学的分類の基本である SiO_2 の量によって分類される。黒曜石とガラス質安山岩は本来同じ分析法で分析し、分類することが基本であり、分析値は酸化物濃度で表示することで岩石学的な評価ができる。

2) 黒曜石は、 $\text{Na}_2\text{O} - \text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$, $\text{TiO}_2 - \text{MnO}$, $\text{Rb} - \text{Sr}$ の元素組み合わせで産地が分類され、ガラス質安山岩の場合には $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O}$, $\text{TiO}_2 - \text{MnO}$ の元素組み合わせで産地が分類され、岩石の種類によって構成元素に差があり、これらの元素組み合わせを見つけることで産地同定が容易となった。

3) 黒曜石の和田峠系-2の男女倉5と星ヶ塔、ガラス質安山岩の武尊系-1と荒船系-1~2はともに主要元素の分析値が接近し、分別が難しいが $\text{TiO}_2 - \text{MnO}$ の元素組み合わせで分別が出来た。

4) $\text{Zr} - \text{Y}$ の相関では岩石の採取地ごとの分類がむづかしく、有効な元素とはいいがたい。

5) 蓼科系の冷山と麦草峠の黒曜石は同じ熔岩（河内 1974）に由来するものであるため、分析値は同じ領域にあり、分別できない。

謝辞

本論文を取りまとめるにあたり、黒曜石の原産地の露頭位置などは(財)埼玉県埋蔵文化財調査事業団の西井幸雄氏より、ガラス質安山岩については(財)群馬県埋蔵文化財調査事業団の石材研究グループの岩崎泰一、関口美枝、津島秀章の諸氏、栃木県文化振興事業団の上野修一氏より御教示や御協力をいただいた。

また、試料採取の際には多くの現地研究者にもお世話になった。ここに感謝の意を表します。なお、本論文は文化財科学会第17回大会（2000年7月）において発表した内容に加筆したものである。

(2001. 12. 13 受理)

引用文献

- 井上 巖, 田中耕作 (2000) 東北・北陸北部における原産地黒曜石の蛍光X線分析 (XRF), 「北越考古学」, 第11号, 23~38
- 井上 巖 (2000) 三ツ木皿沼遺跡出土黒曜石の理化学分析, 三ツ木皿沼遺跡報告書, (財)群馬県埋蔵文化財調査事業団, 412~418
- 河内晋平 (1974) 蓼科山地域の地質, 5万分の1図幅, 地質調査所
- 斎藤正徳, 富田晋高 (1994) 基礎からよくわかる地学 I B (株)旺文社, 133
- Suzuki, M. (1973) Chronology of Prehistoric Human Activity in Kanto, Japan Journal of the

Faculty of Science, the University of Tokyo Sec.V, Vol.VI, Part 3, pp. 241-318

能登 健 (2000) 三ツ木皿沼遺跡出土黒曜石の理化学分析, 三ツ木皿沼遺跡報告書, (財)群馬県埋蔵文化財調査事業団, 512。

日本地質学会地質基準委員会 (2001) 地質基準 70～71, 共立出版

望月明彦, 池谷信之, 小林克次, 武藤由里 (1994) 遺跡内における黒曜石製石器の原産地別分布について—沼津市土手上遺跡BB・層の原産地推定から—静岡県 考古学研究, No26, 1～24

山田直利 (1979) 地学辞典 平凡社 376

山本 薫, 柴田 徹, 高松武次郎 (1997) ガラス質黒色安山岩製石器の石材産地推定方法に関する研究—蛍光X線分析法とプレパラート法による石材産地推定結果の比較と評価—縄文時代文化研究会, 縄文時代, 第8号, 1～30

藁科哲男, 東村武信 (1973) 蛍光X線分析法によるサヌカイト石器の原産地推定, 考古学と自然科学, 6, 33～42

The classification of obsidian and glassy andesite by the petrological classification

iwao INOUE¹⁾, takesi Noto²⁾

¹⁾ The Quaternary Geology Institute, Kosaku 1-4-27 Funabashi 273-0037 Japan

²⁾ Gunma Archaeological Research Foundation, Simohakoda 784-2 Kitatatabana 377-8555 Japan

Obsidian and glassy andesite are volcanic rocks. The major element of the volcanic rock is in such cases as Si, Ti, Al, Fe, Mn, Mg, Ca, Na, K, P and it is a custom to indicate analysis value in this oxide concentration in the geology field.

We tried to classify the original locality of obsidian and glassy andesite by the oxide concentration of the major elements and the detection strength of minor elements. (A volcanic rock is classified in the content of SiO₂. The content of SiO₂ of andesite is 52-66%, the content of SiO₂ of rhyolite is more than 66%.)

If the each samples of original locality belongs to 66% and more of rhyolite areas, it can be distinguished whether it belongs to 52-66% of andesite areas by this method. It was proved that chemical composition was different in every original locality when the original locality of obsidian and a glass andesite were classified in this method.

Obsidian flake and andesite flake excavated from the sites could be classified one another in original locality, and the identity of original locality became possible as that result.