

伊豆大島火山 1986 年噴出物の主成分化学組成

中野 俊* 山元孝広*

NAKANO, S. and YAMAMOTO, T. (1987) Major element chemistry of products of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 38(11), p. 631-647.

Abstract : Major element compositions of ejecta and lavas of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano were determined by an XRF method. Products of summit eruptions (A-vent) are augite-pigeonite-bronzite basalt with several percents of plagioclase phenocryst, while those of fissure eruptions (B- and C-vents) are aphyric andesite with 53.5-56.9 wt. % SiO₂. Most of the B-vent products chemically fall within ranges of 53.5-54.5 and 56.5-56.9 % SiO₂ showing bimodal character. SiO₂-rich andesite has erupted simultaneously with SiO₂-poor andesite, at least at the early stage. Compositions of C-vent products (53.7-54.8 % SiO₂) show lateral variation along the erupted fissure, that is, SiO₂ content becomes lowest at the central part of the fissure and becomes higher toward the both ends. At each crater of C-vent, the early-stage ejecta contain 0.5 % higher SiO₂ than those of the later stage.

It is suggested that magmas of the last 200 years including A-vent magma of 1986 have dominantly suffered the effect of accumulation and separation of plagioclase at the magma reservoir just below the summit crater. However, the observed chemical variation of B- and C-vent products is not explained by only plagioclase fractionation. It would be caused by fractional crystallization involving mafic minerals or by magma mixing at another magma reservoir.

1. はじめに

1986 年 11 月 15 日, 伊豆大島の三原山が 12 年ぶりに噴火を開始した (A 火口). 11 月 21 日にはカルデラ床 (B 火口) 及びカルデラ外 (C 火口) において割れ目噴火がおこった. その活動は翌 22 日未明には終息したが, 23 日には B 火口に形成された噴石丘の側腹から溶岩の二次流出 (LB II 溶岩, 第 1 図) がおこっている. さらに約一ヶ月後の 12 月 18 日, A 火口において小規模の噴火がおこり, 火山弾を放出した (曾屋ほか, 1987). 本報告は, 噴火開始から 12 月 18 日までの噴出物 (溶岩, 火山弾, スコリアなど) の岩石学的特徴を, 主に全岩主成分化学分析の結果に基づき記述する. また, 過去 200 年間の噴出物も新たに分析したので, その結果も併せて報告する.

本研究は, 多くの方々の御援助のもとに, 地質調査所の大島火山噴火対策特別チーム地質グループの一員として著者らが分担して行ったものである. 分析試料の一部は, 小野晃司環境地質部長, 曾屋龍典環境地質課長及び富樫茂子・宇都浩三・阪口圭一・金子信行・星住英夫各技官が採取した試料を提供していただいた. また, 著者

*地質部

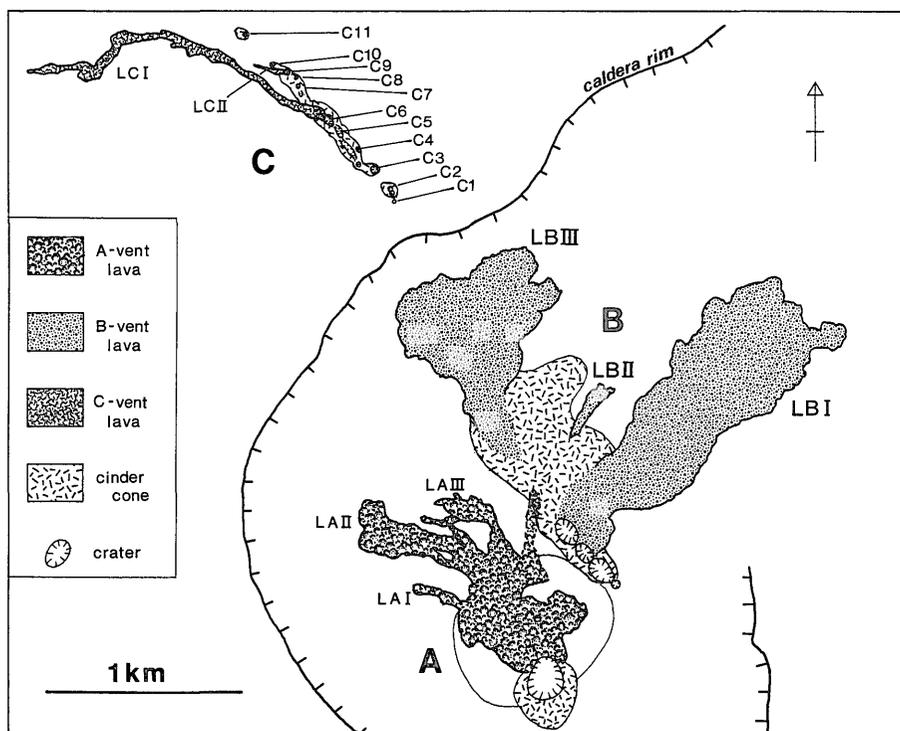
の 1 人 (S.N) は現地での試料採取に当たり, 角井朝昭技官の協力を得た. また, 1986 年以前の噴出物は, 東京大学地震研究所中村一明教授, 沢村孝之助氏 (元所員) 及び一色直記・大沢 穰両技官が採取した試料を一色技官から提供していただいた. 高田 亮技官 (当時東京大学) からは 11 月 23 日の B 火口の活動に関して貴重な情報を教えていただいた. 蛍光 X 線分析装置の使用に当たっては服部 仁地質部長にお世話になった. 一色技官及び奥村公男岩石地質課長には粗稿を読んでいただき, 不備を指摘していただいた. 宮本昭正・安部正治・佐藤芳治各技官には多くの薄片を作成していただいた. 以上の方々に感謝する.

2. 岩石記載

1986 年伊豆大島火山噴出物は, 斜長石斑晶の目立つ玄武岩 (A 火口噴出物) と無斑晶質の安山岩 (B, C 火口噴出物) に大別される. 斑晶鉱物のモード組成を第 1 表に示す. なお, 以下に示す斑晶鉱物の組成は EPMA 分析の結果に基づく.

2.1 A 火口噴出物

肉眼的に大型の斜長石斑晶の目立つ普通輝石ピジョン輝石古銅輝石玄武岩である. 以下に述べる特徴は 12 月



第1図 伊豆大島火山1986年噴火の火口と溶岩の分布と名称 (長岡, 1987を簡略化)
 Fig.1 Distribution map of craters and lava flows of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano (NAGAOKA, 1987, simplified). LA I -LA III, LB I -LB III and LC I -LC II are lava flows. C1-C11 are names of C-vent craters.

第1表 斑晶鉱物のモード組成
 Table 1 Modal compositions of products of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano.

Sample No.(OSM-) Vent	113 A	502 A	309 B	310 B	395 B	401 C
Phenocryst						
plagioclase	7.4	6.7	0.6	0.8	0.5	0.2
orthopyroxene	0.3	0.4	tr.	tr.	tr.	—
clinopyroxene	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1
titanomagnetite	—	—	tr.	tr.	tr.	tr.
Groundmass	92.0	92.7	99.2	99.1	99.2	99.7

18日の噴出物にも共通している。

斜長石斑晶は6-8%程度含まれ、茶褐色ないし淡褐色のガラス包有物が特に周辺部に帯状に配列している大型(長さ0.5-2mm)の結晶(Plate1-a,b)と、包有物を含まず清澄で、長さ0.2-1mmの短冊状結晶とがある。一般に前者の方が多い。いずれも中心部分でAn₈₅₋₉₀の組成を持ち、周縁部でAn₇₀前後となり急激にAn成分

に乏しくなる。斜方輝石(古銅輝石, En₇₃₋₇₆)は0.2-1mmの自形ないし半自形結晶でピジョン輝石の反応縁を持つ。単斜輝石は斜方輝石よりもまれである。大きさは0.4mm以下で自形ないし半自形である。単斜輝石は普通輝石、サブカルシクオーゼイト及びピジョン輝石からなる。A火口噴出物には不透明鉱物は斑晶としては存在しない。また、かんらん石も認められない。

石基は長柱状斜長石, 単斜輝石 (普通輝石, サブカルシクオーゾイト, ピジョン輝石), チタン磁鉄鉱及び茶褐色ガラスからなる。斜方輝石は含まれない。

2.2 B, C 火口噴出物

B, C 火口噴出物は, いずれも黒色ないし暗灰色の無斑晶質安山岩である。後述するように SiO_2 含有量が 53.5-54.5wt.% 程度のもので, 56.5-56.9wt.% のものに大きく分けられるが, 肉眼的にも鏡下でも両者の識別は困難である。肉眼的にはまれに大型の斜長石斑晶を認めることができる。

斜長石斑晶は A 火口噴出物と同様, 2 種類に分けられ (Plate 1-c), ガラス包有物を含み多くの場合は大型 (2 mm 以下) の結晶と, 短冊状で 1 mm 以下の清澄な結晶である。斜長石の組成は, 中心核で An_{85-90} で, 周縁部で An_{70} 前後に急激に An 成分に乏しくなるものが多い。一部の短冊状結晶は, 中心核が An_{65-80} で逆累帯構造を示すことがある。単斜輝石は自形ないし他形の普通輝石, サブカルシクオーゾイト及びピジョン輝石からなり, いずれも 0.5mm 以下でまれである。それぞれ単独の結晶であることが多い。斜方輝石 (紫蘇輝石, En_{63-69}) もごくまれであり, ピジョン輝石またはサブカルシクオーゾイトの反応縁に取り囲まれている。また自形ないし半自形のチタン磁鉄鉱の微斑晶が含まれることもある。B, C 火口噴出物は無斑晶質岩石であり, 一枚の薄片に含まれる斑晶鉱物が極めて少なく (第 1 表), 顕微鏡下での斑晶量の不均質性が大きい。試料によっては, 斑晶として斜長石のみしか含まれない場合もある。

石基は, 斜長石, 単斜輝石, チタン磁鉄鉱及び茶褐色ガラスよりなり, A 火口噴出物と同様に斜方輝石は含まれていない。

2.3 外来捕獲岩

B 火口噴出物中には良く発泡した安山岩-デイサイト質の外来捕獲岩 (“軽石”) がごく少量であるが見つまっている。A 及び C 火口噴出物中には見いだされていない。非常に良く発泡した外来捕獲岩は三宅島火山 1983 年噴出物中でも報告されており, 火山岩起源と堆積岩または花崗閃緑岩起源の捕獲岩に分類が行われている (藤井ほか, 1984)。今回, B 火口噴出物中にて採取した捕獲岩 (11 試料) は 2 種類に大別される。

①第 I 型: 灰白色ないし灰色で肉眼的には均質である。含まれる結晶は斜長石 (An_{55-70}), 普通輝石, ピジョン輝石及びチタン磁鉄鉱である。斜長石は清澄で短冊状のものが多い, 長さは 1 mm 以下である。普通輝石及びピジョン輝石は, 大きさ 0.2-1 mm で柱状のものが多い。

チタン磁鉄鉱は 0.3mm 以下で半自形ないし他形をしている。これらの鉱物は集斑状組織を示すことが多い (Plate 1-d) これらの鉱物と非常に気泡の発達した無色のガラスが埋めている。

②第 II 型: 白色及び暗灰色のまだら状を呈しているものが多い, 肉眼的に不均質である。結晶は融食されて丸みを帯びた石英が多く, 直径は 1 mm 以下で不規則な外形をしている (Plate 1-e)。そのほか, 斜長石と少量の普通輝石及びチタン磁鉄鉱からなる。斜長石は An_{50-60} で長さ 1 mm 以下の長柱状を呈していることもあるが, 他形の場合もあり, 丸みを帯びていることが多い。普通輝石は大きさ 0.4mm 以下の他形で, 不透明鉱物などの微粒子を含んでおり, 後述する細粒の不透明鉱物と輝石の集合体と同じ起源と思われる。チタン磁鉄鉱は 0.5mm 以下で丸みを帯びている。それらの鉱物と非常に気泡の発達した無色のガラスが埋めている (Plate 1-e), 茶褐色ないし赤褐色のガラスからなる部分もある。そのほか, 角閃石の分解生成物と思われる, 細粒の不透明鉱物, 単斜輝石及び少量の斜長石の集合体 (1 mm 以下) が含まれている (Plate 1-f)。

3. 全岩化学組成

全岩主成分分析は, 蛍光 X 線分析法により行われた。試料の調製, ガラス円板作成法は大森・大森 (1976) に従った。測定装置は Philips 社製の PW1400 型機であり, Rh 管球を使用し, 加速電圧 40kV, 75mA の条件で定量分析を行った。1986 年噴出物の代表的な分析結果を第 2 表に示す。以下本報告では, 全鉄を Fe_2O_3^* として表し, 10 成分の重量合計が 100 % になるように再計算した値を用いる。分析の誤差は曾屋ほか (1984) とほぼ同一であり, 地質調査所標準試料 JB-1 a のガラス円板 3 個の一定時間ごとの分析結果 (17 個) は, SiO_2 に関しては最小値 53.01wt.%, 最大値 53.17, 平均値は 53.12, 標準偏差は 0.048 であった。

なお 1986 年噴出物のほかに, 1777-78 年 (安永の大噴火), 1950-51, 1954, 1964, 1974 年の噴出物も, 同一条件で新たに分析を行った。その結果は第 3 表に示す。

3.1 A 火口噴出物と B, C 火口噴出物の比較

第 2 図に 1986 年の噴出物の SiO_2 変化図を示す。荒牧ほか (1987) により初めて指摘されたように, A 火口噴出物 (以下, A) と B, C 火口噴出物 (以下, B, C) の組成とは明瞭に区別される。 SiO_2 含有量でみると A は 52.2-52.5 % の間に入り, 12 月 18 日の噴出物も含めて非常に均質である。A の Al_2O_3 , Fe_2O_3^* などのばらつきは斜長石斑晶量の影響と考えられるが, A は多くの酸化

第2表 1986年伊豆大島火山噴出物の全岩化学組成

Table 2 Selected analyses of bulk chemistry of products of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano.

Vent	Sample No.(OSM-)	SiO ₂ *	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	TOTAL	GEMS No.*	
	103	bomb	52.44	52.26	1.22	14.79	14.02	0.20	4.64	10.16	1.89	0.40	0.08	99.66	GSJ R39695
	105	scoria	52.44	51.98	1.20	14.91	13.83	0.20	4.55	10.17	1.79	0.40	0.09	99.12	GSJ R39696
	108	LA II lava	52.32	52.11	1.21	14.97	13.92	0.20	4.68	10.25	1.79	0.39	0.08	99.60	GSJ R39697
A	113	LA III lava	52.40	52.16	1.22	14.90	14.00	0.20	4.59	10.16	1.84	0.40	0.08	99.55	GSJ R39698
	118	LA I lava	52.23	51.97	1.19	15.18	13.77	0.20	4.62	10.31	1.80	0.39	0.08	99.51	GSJ R39699
	201	bomb	52.37	52.17	1.22	14.83	14.02	0.20	4.67	10.17	1.85	0.40	0.08	99.61	GSJ R39700
	501	bomb(Dec.18)	52.38	52.02	1.22	14.78	14.04	0.20	4.66	10.11	1.81	0.40	0.08	99.32	GSJ R39701
	502	bomb(Dec.18)	52.38	51.91	1.22	14.74	13.95	0.20	4.62	10.14	1.84	0.40	0.08	99.10	GSJ R39702
	309	LB I lava	54.43	54.12	1.27	14.29	14.19	0.21	3.83	8.79	2.15	0.48	0.10	99.43	GSJ R39703
	310	LB I lava	53.70	53.44	1.30	14.29	14.53	0.21	4.06	9.06	2.09	0.45	0.09	99.52	GSJ R39704
	359	LB I lava	55.33	55.01	1.25	14.19	13.91	0.21	3.60	8.56	2.07	0.52	0.10	99.42	GSJ R39705
	318	LB II lava	56.85	56.53	1.19	14.16	13.21	0.21	3.09	7.97	2.35	0.61	0.12	99.44	GSJ R39706
	395	LB II lava	56.71	56.69	1.20	14.21	13.29	0.21	3.17	8.10	2.37	0.60	0.12	99.96	GSJ R39707
B	312	LB III lava	54.15	54.01	1.29	14.27	14.38	0.21	3.94	8.91	2.16	0.47	0.10	99.74	GSJ R39708
	321	LB III lava	54.39	54.42	1.28	14.40	14.29	0.21	3.91	8.84	2.13	0.48	0.10	100.06	GSJ R39709
	354	bomb	53.82	53.76	1.30	14.32	14.60	0.22	4.07	9.08	2.00	0.45	0.09	99.89	GSJ R39710
	387	bomb	53.81	53.77	1.30	14.36	14.54	0.22	4.06	9.09	2.04	0.45	0.09	99.92	GSJ R39711
	366	bomb	54.09	53.86	1.29	14.28	14.42	0.21	4.01	8.96	1.98	0.46	0.10	99.57	GSJ R39712
	351	bomb	56.82	56.23	1.19	14.14	13.10	0.21	3.13	7.95	2.29	0.60	0.12	98.96	GSJ R39713
	402	C 1 bomb	54.49	54.09	1.27	14.18	14.16	0.21	3.84	8.78	2.16	0.48	0.10	99.27	GSJ R39714
	446	C 2 bomb	53.78	53.44	1.29	14.27	14.53	0.21	4.06	9.02	2.00	0.45	0.09	99.36	GSJ R39715
	433	C 3 scoria	54.76	54.25	1.26	14.13	14.05	0.21	3.77	8.70	2.11	0.49	0.10	99.07	GSJ R39716
	406	C 4 bomb	54.09	53.73	1.28	14.28	14.32	0.21	3.94	8.92	2.09	0.47	0.09	99.33	GSJ R39717
	408	C 5 bomb	53.91	53.59	1.28	14.34	14.37	0.21	3.99	8.97	2.11	0.46	0.09	99.41	GSJ R39718
	439	C 5 bomb	54.28	54.17	1.28	14.35	14.31	0.21	3.95	8.90	2.05	0.47	0.10	99.79	GSJ R39719
C	409	C 6 bomb	53.88	53.52	1.29	14.27	14.39	0.21	4.02	9.00	2.09	0.46	0.09	99.34	GSJ R39720
	401	LC I lava	53.88	53.51	1.29	14.31	14.41	0.21	4.04	8.98	2.02	0.46	0.09	99.32	GSJ R39721
	426	C 7 bomb	54.03	53.91	1.28	14.36	14.39	0.21	3.97	9.01	2.09	0.46	0.09	99.77	GSJ R39722
	416	C 8 bomb	54.12	53.69	1.28	14.25	14.31	0.21	3.89	8.88	2.12	0.47	0.10	99.20	GSJ R39723
	420	LC II lava	54.24	53.76	1.28	14.23	14.22	0.21	3.89	8.83	2.11	0.48	0.10	99.11	GSJ R39724
	435	C 10 bomb	54.32	54.08	1.28	14.34	14.31	0.21	3.89	8.82	2.05	0.48	0.10	99.56	GSJ R39725
	443	C 11 bomb	54.59	54.56	1.27	14.39	14.22	0.21	3.82	8.80	2.08	0.49	0.10	99.94	GSJ R39726

SiO₂* : normalized SiO₂ values to total as 100% (used in text as SiO₂) Fe₂O₃* : total iron as Fe₂O₃

GEMS No.* : registered No. at the Geological Museum of Geological Survey of Japan.

物に関しては均質である。

B の SiO_2 は 53.5-56.9 % , C は 53.7-54.8 % で、C の組成範囲は B の範囲の一部に重なる。他の酸化物で比較しても、C の範囲は B の範囲に重なっている。A に比べ B、C は SiO_2 の変化が大きいが、組成変化線の直線性が顕著である。

また、A は B、C の組成変化線の単純な延長上に乗ってはおらず、それは特に TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3^* 、 CaO に関して明瞭である。もし、B、C の組成変化線が分化曲線であるならば、B、C は A とは異なる結晶分化作用を受けていることになる。また、B、C の変化が 2 種類のマグマ (玄武岩質及び安山岩-デイサイト質) を端成分としたマグマの混合の度合の違いによる変化であるとした場合、A はその端成分ではない。A はすでに述べたように 12 月 18 日の噴出物も含めて一貫して均質な組成であり、B、C のマグマと同じ温度圧力などの条件のもとに存在していたとは考えられない。また、後述するように A のマグマ溜りでは斜長石の集積除去作用のみによる組成変化が起こると考えられるが、斜長石の分別のみによる結晶分化作用のみでは、A からはいかなる B、

C の組成のマグマも作れない。よって、A と B、C とはそれぞれ別のマグマ溜りを形成していたことが示唆される。

B の組成変化を作るには、結晶分化作用、2 種類のマグマの混合のほかに、地殻物質などの同化作用も考えられるが、それにより B の変化を作ることにはいくつかの困難を伴う。例えば、観察された変化を作るには大量の物質を溶かし込むことが必要であるが、伊豆大島火山の地下では大陸地殻が厚くないこと、大量の同化に伴いマグマの温度が著しく低下すること、組成変化線の直線性から同化する物質の均質性が要求されること、などである。よって、地殻物質等の同化により B の変化が形成されうる可能性は非常に少ない。

3.2 A 火口噴出物と過去 200 年間の噴出物の比較

曾屋ほか (1987) は、伊豆大島火山の過去の噴出物 (先カルデラ成層火山及び後カルデラ噴出物; 一色, 1984 b) との比較を行い、A は伊豆大島火山における大部分の分析値がプロットされる領域に入るが、B、C のような組成の岩石は伊豆大島においては極めてまれであることを指摘している。ここでは、A と過去 200 年間の

第 3 表 1777-1974 年伊豆大島火山噴出物の全岩化学組成
Table 3 Selected analyses of bulk chemistry of products of 1777 to 1974 eruptions of Izu-Ōshima Volcano.

No.(OSM-), year	SiO_2^*	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3^*	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	TOTAL
1001	1777-78	51.82	51.50	1.10	16.66	12.86	0.18	4.07	10.77	1.79	0.37	99.38
1003	1777-78	51.76	51.24	1.08	16.90	12.58	0.18	3.99	10.82	1.78	0.36	99.00
1006	1778 ?	52.74	52.57	1.36	13.86	15.02	0.22	4.65	9.56	1.90	0.44	99.67
1008	1778	52.80	52.51	1.36	13.81	14.94	0.22	4.58	9.53	1.97	0.45	99.46
1012	1778	52.75	52.57	1.36	13.83	15.01	0.22	4.64	9.54	1.95	0.44	99.65
1018	1778	52.78	52.41	1.35	13.82	14.91	0.22	4.59	9.53	1.93	0.44	99.29
1102	1950	53.06	52.83	1.22	14.52	14.20	0.21	4.52	9.78	1.80	0.41	99.57
1106	1951	53.06	52.52	1.22	14.52	14.05	0.20	4.39	9.74	1.85	0.42	98.99
1121	1954	52.38	51.74	1.18	15.48	13.42	0.19	4.18	10.34	1.77	0.40	98.78
1131	1964	51.98	51.83	1.07	17.01	12.47	0.18	4.15	10.94	1.63	0.36	99.71
1141	1974	52.06	52.21	1.04	17.43	12.21	0.17	4.04	11.07	1.70	0.35	100.29

SiO_2^* : normalized SiO_2 values to total as 100% (used in text as SiO_2)

Fe_2O_3^* : total iron as Fe_2O_3

1001 : GSJ R26303, Y_{1c} of ISSHIKI(1984b), coudung bomb ejected at the early stage of 1777-1792 eruption.

1003 : GSJ R39502, Y_{1c} of ISSHIKI(1984b), scoria ejected at the early stage of 1777-1792 eruption.

1006 : GSJ R39503, Y_{1x} of ISSHIKI(1984b), lava flow of 1778 ?.

1008 : GSJ R39505, Y_{1n} of ISSHIKI(1984b), Nakanosawa lava flow of 1778.

1012 : GSJ R39504, Y_{1n} of ISSHIKI(1984b), Gomisawa lava flow of 1778.

1018 : GSJ R26307, Y_{1a} of ISSHIKI(1984b), Akazawa lava flow of 1778.

1102 : GSJ R26278, lava flow of 1950.

1106 : GSJ R26297, lava flow of 1951.

1121 : GSJ R26331, lava flow of January, 1954.

1131 : GSJ R26371, scoria ejected on December 30, 1964.

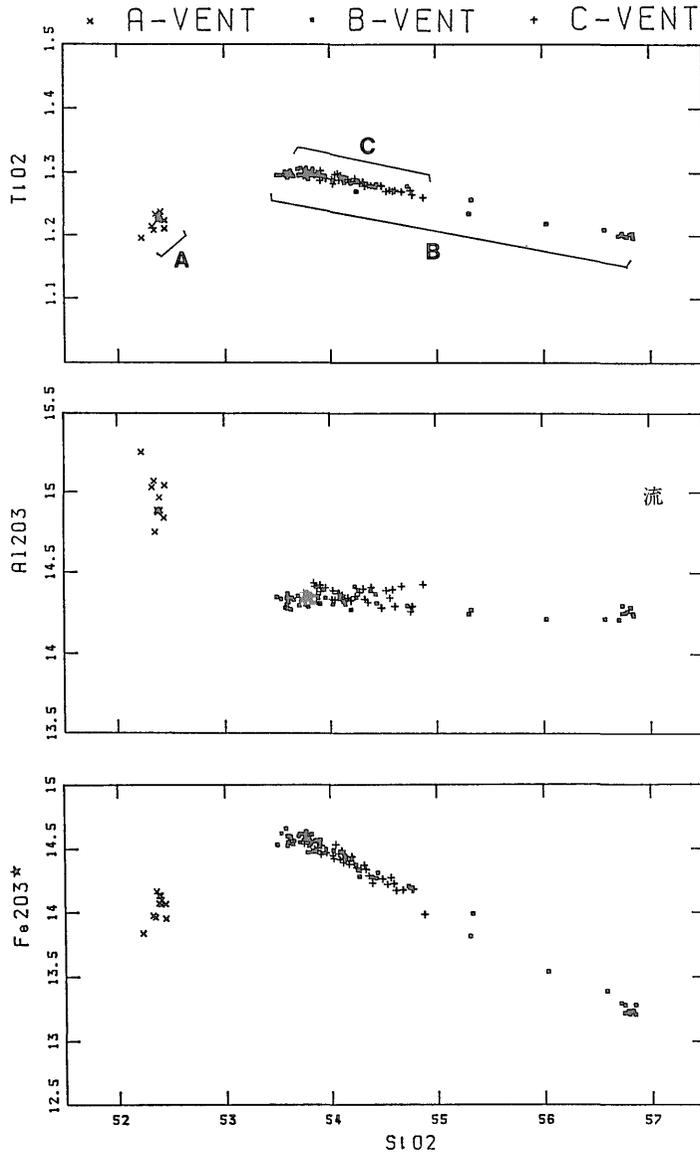
1141 : GSJ R26373, scoria ejected at midnight from February 28 to March 1, 1974.

噴出物の比較を行う。第3図に1986年噴出物と1777-78年から1974年までの噴出物の比較を Al_2O_3 , $Fe_2O_3^*$ 及びCaOの SiO_2 変化図で示す。

1777-78年噴出物のうち、 Al_2O_3 が17%程度の3点は山頂火口(現在の三原山)の噴出物(火砕物)で斜長石斑晶を10数%含む。一方、 Al_2O_3 が14%程度の位置に密集する点は三原山麓から流出した溶岩流で、斜長石

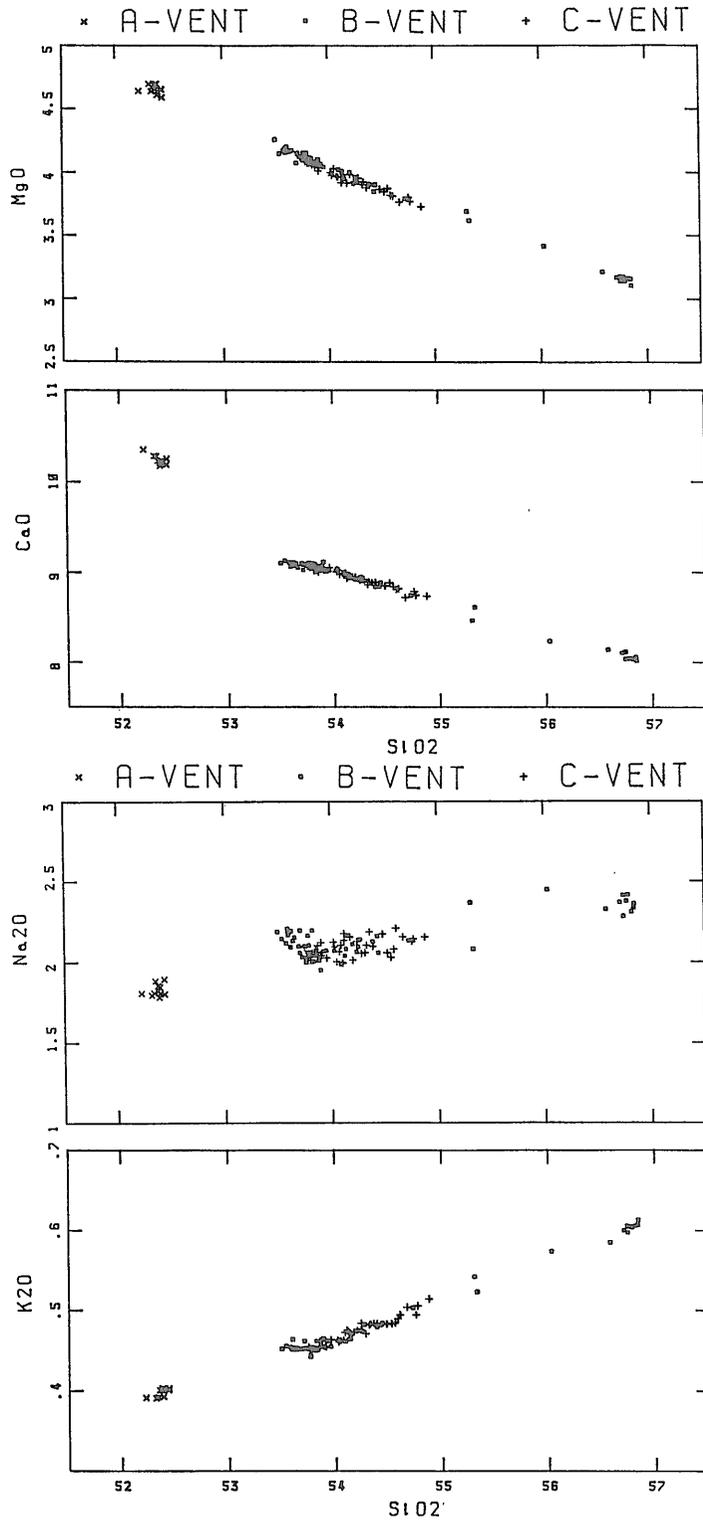
斑晶を1%程度しか含まない。同様に1950-51年噴出物では斜長石斑晶が3-6%, 1954-1974年噴出物では10%以上である(一色, 1973, 1984b)。

岩崎ほか(1960)などにより、1950-51年溶岩流は全鉄、 TiO_2 等が均一であることが知られているが、今回の分析結果(6試料)でも全岩主成分は均質である。また、1777-78年噴出物に関しては、山頂からの噴出物を

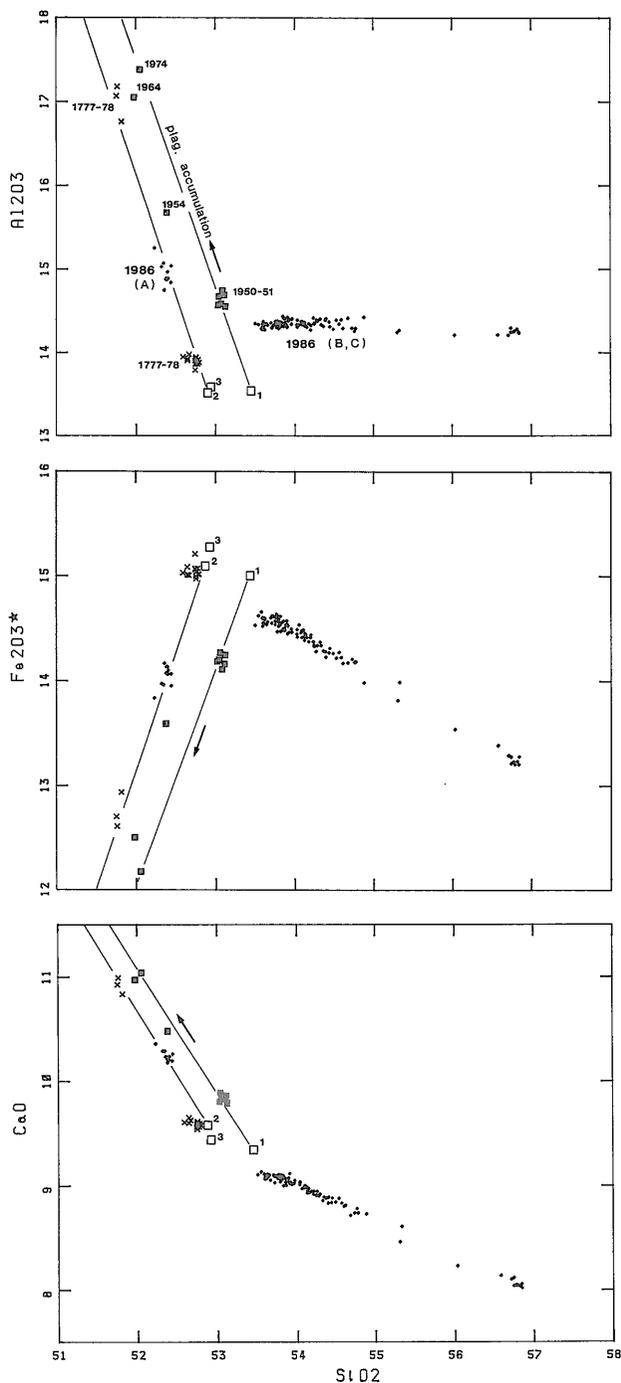


第2図 1986年噴出物の SiO_2 変化図

Fig.2 SiO_2 variation diagrams of A-, B- and C- vent products of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano.



第2図 つづき
Fig.2 continued



第3図 過去200年間の噴出物と1986年噴出物の比較

Fig.3 Comparison between products of 1986 and those of the last 200 years. Crosses : 1777-78, solid squares : 1950-74, small dots : 1986. Open squares with Nos.1-3 indicate representative groundmass compositions of products of 1950-51, 1986 and 1777-78, respectively. Solid lines are mixing lines of plagioclase (An_{87}) and groundmass compositions.

除いた溶岩流の分析結果 (15 試料) はやはり組成が均一であることを示しており、桂・中村 (1960) の結果と矛盾しない。

A と 1777-78, 1950-51 年噴出物の比較のために、斑晶を除いた石基の組成を求めた。苦鉄質鉱物 (輝石) の斑晶量は 1% 以下であるので、石基の組成は全岩化学組成から斜長石斑晶の組成を差し引くことによって近似することができる。斜長石斑晶の化学組成は、1974 年噴出物に関しては曾屋 (1976) により報告されているが、斑晶中心部の組成は An_{85-90} である。前述したように 1986 年噴出物の斜長石の中心部の組成も An_{85-90} であるので、平均 An_{87} であるとする。1950-51 年噴出物 (OSM-1102) に関しては斜長石の斑晶量は 5.3%, 1777-78 年噴出物 (OSM-1018) に関しては 1.8% であり (一色, 1984b), 1986 年の A 火口噴出物 (OSM-113) は 7.4% (第 1 表) である。それぞれの石基の組成 (以下、液組成と呼ぶ) を第 3 図にプロットした。図中、1, 2, 3 はそれぞれ OSM-1102, OSM-113, OSM-1018 の液組成である。1986 年 A 火口噴出物の液組成は 1950-51 年噴出物のそれとは明瞭に異なり、1777-78 年噴出物のそれに類似していることがわかる。

図の直線は各々の液組成と斜長石 (An_{87}) の混合線で、斜長石斑晶が集積する場合、全岩の組成はその線上を Al_2O_3 が増加する方向に変化することを示す。また、1954, 1964, 1974 年噴出物の全岩組成は 1950-51 年噴出物の斜長石集積線上にはほぼプロットされ、1950 年から 1974 年までの全岩化学組成変化は、単に斜長石斑晶の集積効果のみで説明できる。1950 年から 1974 年までの噴出物に関しては、すでに曾屋 (1976) により斜長石斑晶量の変化と全岩化学組成がよく対応することが指摘されている。

それに対し、1986 年噴出物は 1950-1974 年噴出物の斜長石集積線上にのらない。このことと、1974 年以後 1986 年まで三原山火口においては何の噴火現象 (噴煙、火映現象など) もなかった (一色, 1984a) ことを考えあわせると、1986 年には 1974 年までとは異なる新たなマグマが上昇してきたことが唆される。

1777-78 年噴出物を見ると、初期の噴出物は斜長石斑晶に富み、それより後期の噴出物は斜長石斑晶に乏しく、両者は同一の斜長石集積線上にのっている。1950 年から 1974 年までの一連の噴火活動の噴出物も同一の斜長石集積線にのっており、後期の噴出物は斜長石斑晶が集積した部分のマグマが噴出したであろうと考えられる。今後もし A 火口のマグマ溜りでは斜長石斑晶の浮上または沈降がおこると考えられる。したがって、今後、一連

の活動が山頂において続いた場合、その噴出物の組成は 1986 年 A 火口噴出物と同じ斜長石集積線上にのるのであろうと予想される。

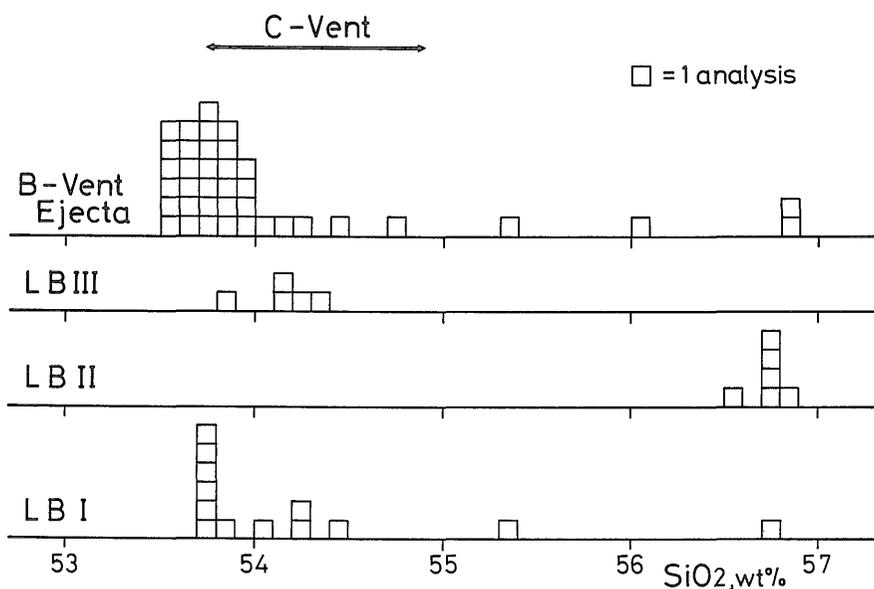
3.3 B 火口噴出物

B 火口噴出物は SiO_2 が 53.5% から 56.9% の範囲にあり組成変化範囲が大きい。第 4 図に、B の SiO_2 の含有量のヒストグラムを示す。LB I 溶岩は、54% 前後が多いが、57% に近い分析値も含まれており、均質でない。それに対し、LB II 溶岩は 56.5-56.9% に集中し、すべて SiO_2 に富む安山岩である。LB III 溶岩は 54% 前後の SiO_2 に乏しい安山岩である。溶岩以外の噴出物すなわち、スコリア、火山弾等の分析結果をみると、 SiO_2 に乏しいものが多いが、57% に近いものも存在する。このように B 火口噴出物は SiO_2 が 53.5-54.5% 程度のもので、56.5-56.9% 程度のもので多く、その中間組成を示すものは少ない。すなわち、B は化学組成上バイモダルな特徴を示す。これらの岩石はいずれも無斑晶質であり、組成の差は斑晶鉱物含有量の効果では説明できない。

組成の時間変化: B 火口噴出物の化学組成の時間変化を見るために、LB II 溶岩の先端付近における、厚さ 128cm の降下スコリア層の断面から採取したスコリアの分析を行った。1 つの分析は 1 つのスコリアについて行われた。その結果を第 5 図に示す。多くのスコリアは SiO_2 が 53.5-53.9% であり、時間とともにやや SiO_2 に乏しくなる傾向が見られる。ところが、下部 (初期の噴出物) の中には SiO_2 が 55.3-56.1% のスコリアも含まれており、同時期に噴出したスコリアの組成が少なくとも 2 種類あったことを示しており、少なくとも一部では噴出口により噴出物の化学組成が異なっていた可能性が大きい。しかしながら、それらがどの噴出口からの噴出物であるのか特定することはできない。

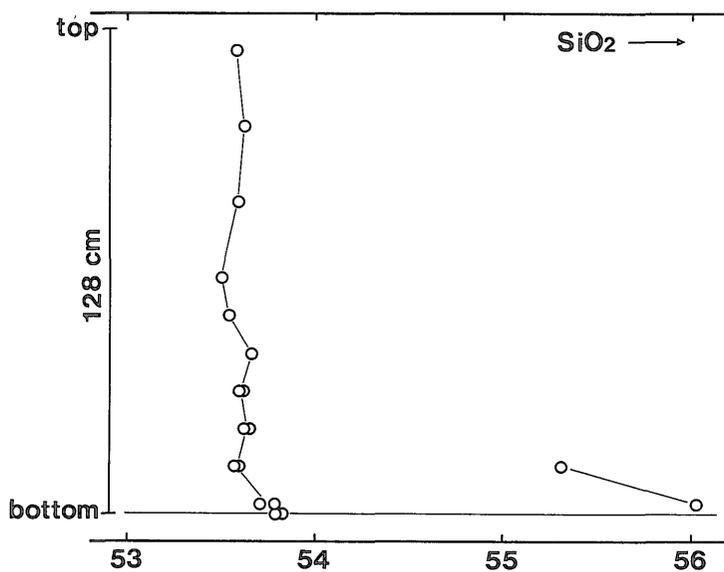
スコリアの化学組成の時間変化から推定すると、 SiO_2 に富む LB II 溶岩のマグマも B 火口の活動の初期に地下から上昇してきた可能性が大きい。このことは、 SiO_2 に富む LB II 溶岩は B 火口の活動の初期の噴出物であるが、上位に降り積もった噴石に覆われ、噴石丘の下に潜在していた。それが、噴石丘の側腹を破って二次流出した、という考え (長岡, 1987; 曾屋ほか, 1987) に有利である。

なお、噴石丘の表面の火山弾は、その大部分は SiO_2 に乏しい安山岩組成を示すが、 SiO_2 に富む安山岩も混在している (第 2 表, OSM-351)。このため、 SiO_2 に富む組成の安山岩マグマが B 火口の活動の初期だけでなく後期にも噴出していた可能性も否定できない。ところ



第4図 B火口噴出物におけるSiO₂含有量のヒストグラム

Fig.4 Histograms of SiO₂ contents of B-vent products of the 1986 eruption of Izu-Ōshima Volcano. The range of C-vent products is also shown. B-vent ejecta include scoria fragments, volcanic bombs and spatter samples.



第5図 B火口降下スコリア層におけるSiO₂含有量の垂直変化図

Fig.5 Vertical variation diagram of SiO₂ values of B-vent scoria bed. A single open circle is one analysis for a single scoria fragment. Samples are collected from a pit near the flow front of the LB II lava flow.

が, LB II 溶岩が流出する直前に (23 日午前 10 時 54 分) LB II 溶岩出口の北-北西 100-200m 付近で溶岩の二次噴泉がおこっているのが目撃されている (高田, 個人談話). 噴石丘表面における SiO_2 に富む火山弾 (OSM-351) の採取地点とほぼ同じ地点である. この火山弾が二次噴泉によるものであるとすれば, B 火口の活動の後期に噴出または流出した SiO_2 に富む安山岩は二次的なものであり, 後期には SiO_2 に富む安山岩マグマの地下からの供給はなかったと考えてよいであろう.

3.4 C 火口噴出物

C 火口噴出物の化学組成変化を調べる上で, 各噴出口の活動順序を知ることは重要な意義がある. 各噴出口の活動時刻を再現する試みは, 曾屋ほか (1987), 津久井ほか (1987) により行われているが, 不確定な点が多い. ここでは, 各噴出口の開口順序との関係ではなく, C 火口全体の水平方向の変化に着目する.

C 火口は B 火口とは異なり, ほぼ各噴出口ごとに噴石丘を形成したので, 噴出口ごとに区別して噴出物を採取することが容易である. 分析結果を第 6 図に示す (中野・山元, 1987a, b). C 火口は南から北へ C1 から C11 まで命名されており水平距離はおよそ 1.2km である (第 1 図).

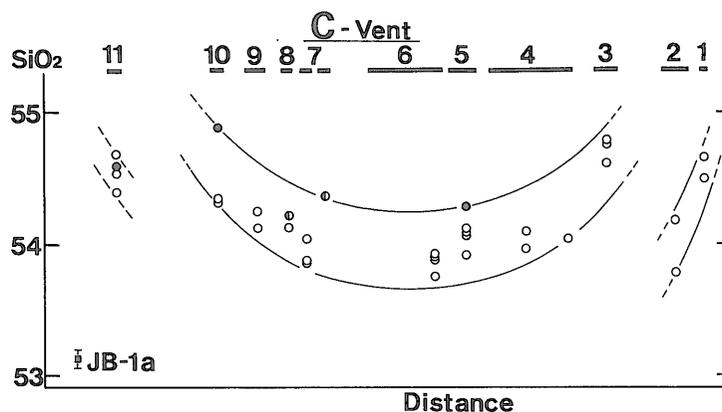
組成の時間変化: 第 6 図中, 黒丸は旧地表面直上の最下部の噴出物, 半黒丸は旧地表面は確認できないが露出する限りでは最下部の噴出物である. この図より, 個々の噴出口では初期の噴出物のほうが最大 0.5% 程度 SiO_2 に富む傾向がみられ, B 火口においても初期のほうがやや SiO_2 に富む傾向があったことと一致する.

組成の水平変化: 個々の噴出口では SiO_2 の変化範囲は 0.5% 程度であり, 噴出口ごとにその組成範囲に有意の差がみられる. 第 6 図に示したように, 中央部の噴出口 (C6) から両翼に向かい, C3 と C10 までは 0.8% 程度 SiO_2 に富むようになる. しかしながら, C10 と C11 の間, C2 と C3 の間では SiO_2 に富む単調変化が破られ, 著しいギャップが存在する. このことから, C 火口に上昇したマグマの噴火割れ目は C1-C2, C3-C10, C11 の大きく三つの切片に分割できそうである. C2-C3 間及び C10-C11 間の距離が大きいこと, および雁行配列のオフセットもこのことを支持する. 以上のことから, C 火口割れ目を上昇したマグマの組成累帯構造を推定すると, 第 7 図のようになる. C 火口マグマのマグマ溜りには周辺部が中心部より 1% 程度 SiO_2 に富む組成勾配が存在したと考えられる. おそらく, マグマの温度低下に伴う結晶分化作用または周囲の岩石を同化することにより起こる組成変化によるものであろう.

各噴出口ごとの噴出量の見積りはされていないが, C6 からは LC I 溶岩が流出しており, 最も噴出量が多い. 全体を見ると中央部で SiO_2 に乏しく, かつ噴出量が多いと考えられる. また岩脈内でも中央部のほうがマグマの噴出速度 (または上昇速度) が大きいと考えられ, 中央部では SiO_2 に富んだ部分が乏しい部分に追い越されたい. そのため, 中央部では最初期においても SiO_2 に富んだマグマが噴出しなかったのであろう.

3.5 外来捕獲岩

外来捕獲岩の代表的な主成分分析結果を第 4 表に示す. 第 I 型と第 II 型の違いは主成分化学組成においても



第 6 図 C 火口噴出物における SiO_2 含有量の水平変化図

Fig. 6 Lateral variation diagram of SiO_2 values of C-vent products. Solid circles : the lowest ejecta for each crater, half solid circles : the lowest ejecta as far as exposed. The analytical error for JB-1a is shown in the figure.

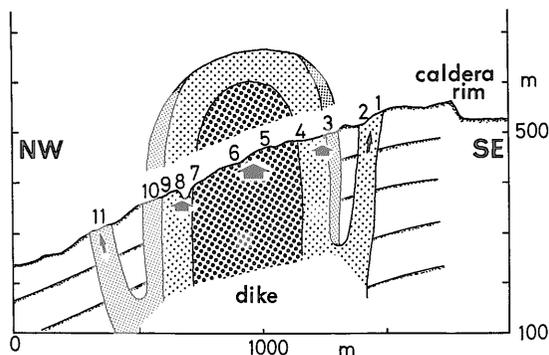
明瞭である(第8図)。SiO₂含有量で比べると、第I型は59.5-62.9%、第II型は61.7-66.5%で第II型のほうがSiO₂に富んでいる。このようなSiO₂に富む組成の岩石は、SiO₂が70.8%(再計算値)のデイサイト軽石を除くと伊豆大島火山では報告されていない(一色, 1984b)。Fe₂O₃^{*}、P₂O₅は第II型のほうがより富んでおり、Al₂O₃、CaO、MgOに関しては第I型のほうがより富んでいる。SiO₂の増加につれ、第I型ではP₂O₅は増加する変化を示すが、第II型は逆に減少する傾向を示している。これらのうち、第I型はほぼB、C火口噴出物の組成変化線の延長上にあり、伊豆大島火山に由来する火山岩起源である可能性がある。B、Cの組成変化線が分化曲線であるならば、より分化した火山岩の組成を持つと言える。また、B、Cの組成変化がマグマの混合の度合いの違いによるものであるならば、厳密に言えばやや

異なるが、第I型の捕獲岩がB、CのSiO₂に富む側の端成分に近い組成をもつものである可能性があると言える。第II型の捕獲岩には、含水鉱物の分解生成物と思われるものが存在しており、三宅島の例(藤井ほか, 1984)と同様に、石英閃緑岩または花崗閃緑岩がマグマに取り込まれて部分溶融し発泡したものである可能性が大きい。

4. まとめ

1986年伊豆大島火山噴出物の特徴は、全岩主成分化学組成に基づく以下のようである。

1) 山頂火口(A火口)噴出物(普通輝石ビジョン輝石古銅輝石玄武岩)と割れ目火口(B、C火口)噴出物(無斑晶質安山岩)は化学組成の上でも明瞭に区別される。A火口噴出物はSiO₂が52.2-52.5%で組成が均質であ



第7図 C火口岩脈のSiO₂組成累帯構造の模式断面図

Fig. 7 Schematic cross section of C-vent dike in terms of SiO₂ zoning. Magnitudes of arrows correspond to those of effusion rates and/or effusion volume. SiO₂ content increases from the central part to the both side of the dike.

第4表 B火口から放出された外来捕獲岩の全岩化学組成

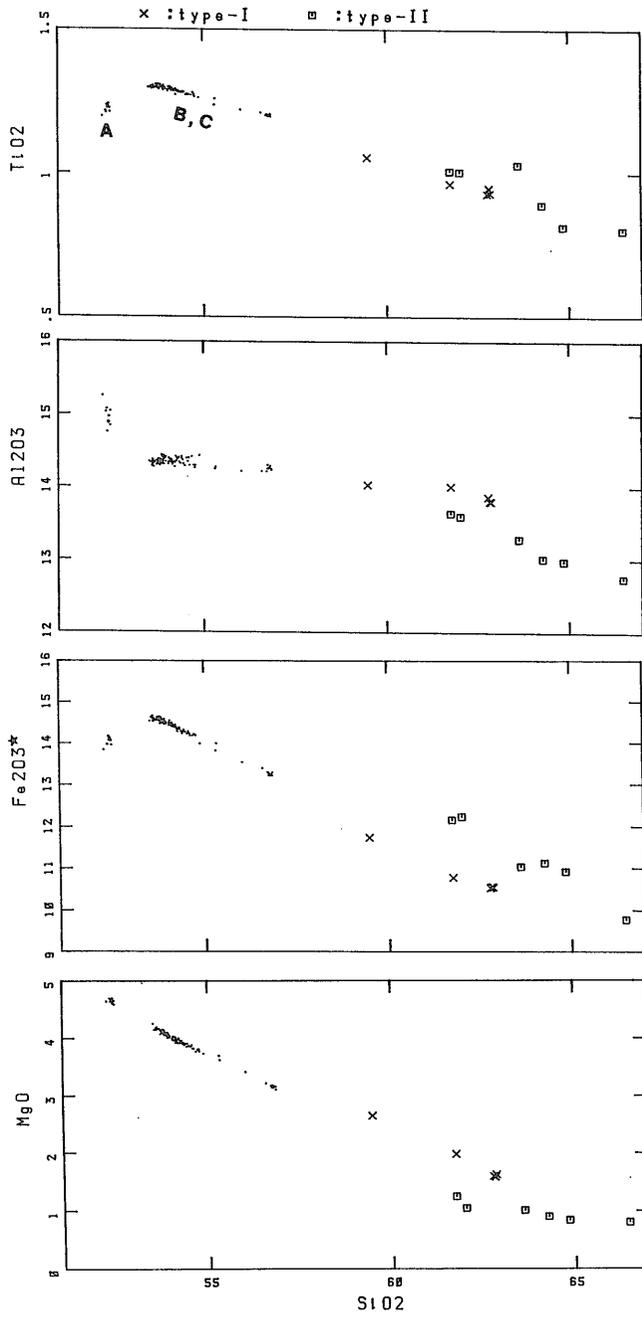
Table 4 Selected analyses of bulk chemistry of vesiculated xenoliths ejected from B-vent

Sample No.(OSM-)	SiO ₂ [*]	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	TOTAL	GEMS No.*	
329	type-I	59.50	59.17	1.05	13.96	11.68	0.20	2.64	7.19	2.67	0.77	0.13	99.46	GSJ R39734
313	type-I	61.77	61.40	0.96	13.93	10.71	0.20	1.97	6.39	2.86	0.83	0.16	99.41	GSJ R39735
319	type-I	62.78	62.74	0.93	13.86	10.52	0.19	1.60	6.06	3.00	0.85	0.19	99.94	GSJ R39736
300	type-I	62.86	62.66	0.93	13.76	10.51	0.20	1.62	5.97	2.97	0.88	0.18	99.68	GSJ R39737
331	type-II	61.77	61.21	1.00	13.52	12.05	0.22	1.24	5.99	2.99	0.66	0.23	99.10	GSJ R39740
299	type-II	62.02	61.66	1.00	13.52	12.17	0.21	1.04	5.61	3.14	0.80	0.27	99.42	GSJ R39741
320	type-II	63.62	62.98	1.02	13.15	10.92	0.18	1.00	5.25	3.22	1.06	0.22	99.00	GSJ R39742
297	type-II	64.27	64.08	0.89	12.98	11.09	0.20	0.90	5.12	3.16	1.05	0.23	99.70	GSJ R39743
389	type-II	66.50	66.12	0.80	12.68	9.72	0.17	0.80	4.57	3.23	1.17	0.18	99.44	GSJ R39744

SiO₂^{*}: normalized SiO₂ values to total as 100% (used in text as SiO₂)

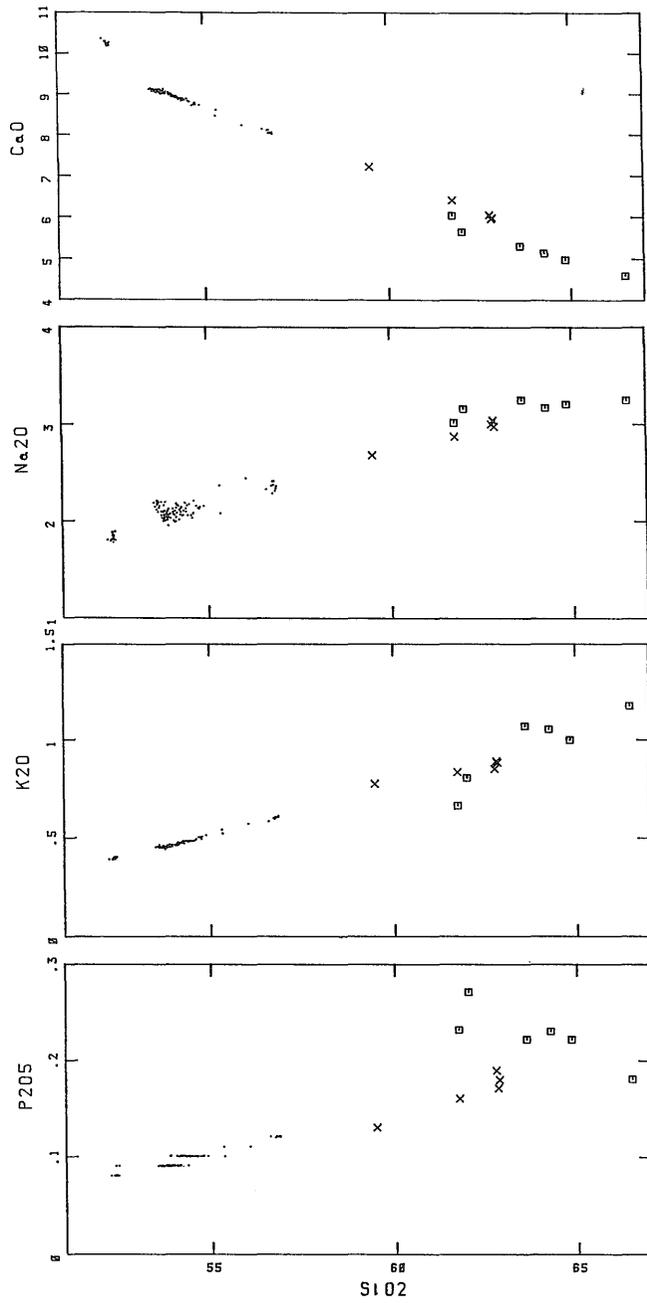
Fe₂O₃^{*}: total iron as Fe₂O₃

GEMS No.*: registered No. at the Geological Museum of Geological Survey of Japan



第 8 図 外来捕獲岩の SiO_2 変化図

Fig.8 SiO_2 variation diagrams of vesiculated xenoliths from B-vent. Crosses : type- I xenoliths, open squares : type- II xenoliths (see text), small dots : essential products of the 1986 eruption.



第8図 つづき
Fig.8 continued

る。B 火口噴出物の SiO_2 含有量は 53.5-56.9wt.% でその組成範囲が大きく、C 火口噴出物は 53.7-54.8% で B の範囲に重なる。A 火口噴出物は B、C 火口噴出物の組成変化線の単純な延長上にはのっていない。

2) A 火口噴出物の化学組成は、1950-1974 年の山頂火口における一連の活動の噴出物の全岩組成変化線(斜長石集積線)上にのらず、液(石基)の組成も異なる。1986 年には山頂直下のマグマ溜りに新たなマグマが供給されたと考えられる。A のマグマの液組成は、1777-78 年(安永の大噴火)のマグマの液組成によく似ている。

A 火口のマグマの組成は、1777-78 年及び 1950-1974 年のマグマと同じように、地下浅所のマグマ溜りにおいて、斜長石斑晶のみの集積除去の影響を受けていると考えられる。今後 A 火口に於いて一連の活動が続いた場合、その噴出物の組成は 1986 年 A 火口噴出物と同じ斜長石集積線上にのるのであろうと予想される。

3) いかなる組成の B、C 火口マグマも、過去 200 年間おこっていた斜長石斑晶の集積除去作用のみでは A 火口マグマまたは 1950-1974 年のマグマからは導かれぬ。また、A 火口マグマはマグマ溜りにおいて、おそらく斜長石斑晶の集積除去作用のみによる組成変化をしていると考えられるが、B、C の組成変化は斜長石の集積または除去のみでは作れず、両者が同じような環境(温度、圧力など)に共存していたとは考えにくい。よって、A と B、C は別々のマグマ溜りを形成していたのであろう。

B 火口噴出物の組成変化は、斜長石・輝石・チタン磁鉄鉱の分別を伴う結晶分化、または 2 種類のマグマの混合によるもののいずれかであると考えられる。その組成変化線の直線性はマグマの混合によるものであることを強く示唆しているが、全岩主成分分析のみではどちらであるか断定はできない。

4) B 火口の活動の少なくとも初期には、 SiO_2 が 54% 前後のマグマと 56% 前後のマグマの両方が同時に噴出していた。 SiO_2 に乏しいマグマの噴出は最初から最後まで続いたが、時間とともに 53.9% から 53.5% までやや SiO_2 に乏しくなった。B 火口噴出物全体では、 SiO_2 が 53.5-54.5% と 56.5-56.9% のものが多く、化学組成上バイモダルな特徴を示す。

5) C 火口噴出物は個々の噴出口でみると、初期の噴出物のほうが 0.5% 程度 SiO_2 に富む。また、その噴出口ごとに化学組成の範囲に差が認められる。各噴出口の SiO_2 に乏しい噴出物と比較すると、その差は最大 0.8% 程度である。C 火口全体では、火口列の中央部で SiO_2

に乏しく、両翼に向かって SiO_2 に富むようになる。但し、単調な水平変化でなく、C2 と c3 の間及び C10 と C11 の間ではその変化が連続しない。C 火口のマグマは、C1-C2, C3-C10, C11 の 3 つに分かれて上昇したと考えられる。

また、C 火口噴出物の化学組成の水平変化から、C のマグマ溜りは中心部で SiO_2 にわずかに乏しい組成勾配を持っていたと推定される。

文 献

- 荒牧重雄・藤井敏嗣・金子隆之・石井輝秋・小沢一仁・福岡孝昭(1987) 伊豆大島火山 1986 年噴火の噴出物の岩石学的特徴。日本火山学会 1987 年度春季大会講演予稿集, p.108.
- 藤井敏嗣・荒牧重雄・福岡孝昭・千葉達朗(1984) 三宅島 1983 年噴火噴出物の岩石学的特徴。火山, 第 2 集, vol.29, p.S266-S282.
- 一色直記(1973) 伊豆大島火山溶岩の 1940 年以降の組成変化(演旨)。火山, 第 2 集, vol.18, p.181-182.
- (1984a) 大島火山の歴史時代における活動記録。地調月報。vol.35, p.477-499.
- (1984b) 大島地域の地質。地域地質研究報告(5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 133p.
- 岩崎岩次・桂 敬・小沢竹二郎・吉田 稔・真島美智雄・原村 寛・岩崎文嗣(1960) 溶岩流の化学組成(1) 大島火山 1950-1951 年の溶岩の鉄含有量。火山, 第 2 集, vol.5, p.9-24.
- 桂 敬・中村一明(1960) 新期大島層群中の火山岩の化学組成。火山, 第 2 集, vol.5, p.75-98.
- 長岡正利(1987) 伊豆大島噴火と地形変化。地理, vol.32, p.13-19.
- 中野 俊・山元孝広(1987a) 1986 年伊豆大島火山噴火緊急調査報告, 噴出物(演旨)。地調月報, vol.38, p.285-286.
- ・———(1987b) 1986 年伊豆大島火山噴出物の化学組成 — 過去 200 年間の噴出物との比較 —。日本火山学会 1987 年度春季大会講演予稿集, p.42.
- 大森貞子・大森江い(1976) 岩石および鉱物中の主成分のけい光 X 線分析 — 第 1 報 ガラ

- ス円板作成について一. 地調月報, vol.27, p.195-211.
- 曾屋龍典(1976) 伊豆大島三原山1974年噴出物. 火山, 第2集, vol.21, p.153-166.
- ・宇都浩三・牧本 博・鎌田浩毅・奥村公男・須藤 茂(1984) 三宅島火山1983年噴出物の化学組成および鉱物組成. 火山, 第2集, vol.29, p.S283-S296.
- ・中野 俊・星住英夫・鎌田浩毅・阪口圭一・宇都浩三・富樫茂子・山元孝広・土谷 信之・金子信行・角井朝昭(1987) 伊豆大島火山1986年の噴火—噴火の経緯と噴出物—. 地質ニュース, no.392, p.10-18.
- 津久井雅志・早川由紀夫・川辺禎久・小山真人・由井将雄・白尾元理(1987) テレビ報道の解析による, 1986年伊豆大島噴火Phase2の記述. 火山, 第2集(投稿中).
- (受付:1987年7月3日; 受理:1987年10月5日)

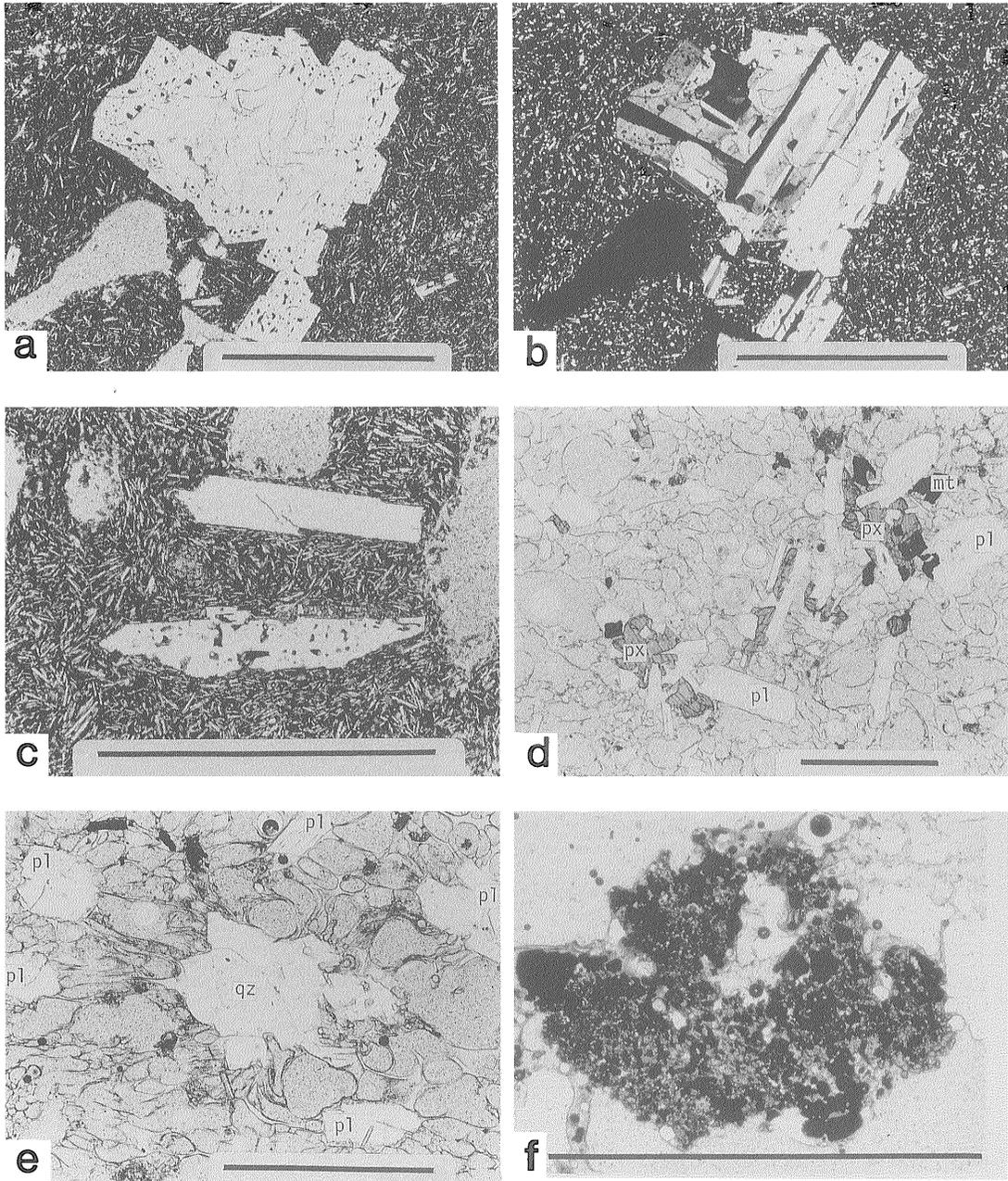


Plate 1 Photo b is taken in cross-polarized light, and others are in plane-polarized light. Scale bars are 1 mm. pl : plagioclase, px : clinopyroxene, mt : titanomagnetite, qz : quartz.

- a) and b) Plagioclase phenocryst with glass inclusions in LA II lava (OSM-108).
- c) Plagioclase phenocrysts with and without glass inclusions in LB II lava (OSM-303).
- d) Type-I xenolith with glomeroporphyritic texture (OSM-319).
- e) Type-II xenolith with quartz grains (OSM-320).
- f) Aggregates of fine grains of clinopyroxene, titanomagnetite and plagioclase in type-II xenolith (OSM-389).