

## 八丈島火山群の全岩化学組成： 地表試料からみた東山火山と西山火山の比較

中野 俊\* 山元孝広\* 一色直記\*\*

NAKANO Shun, YAMAMOTO Takahiro and ISSHIKI Naoki (1997) Chemical compositions of the Hachijojima Volcano Group, Izu Islands: comparison between the Higashiyama and Nishiyama volcanoes based on chemical analyses of surficial samples. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 48 (2), p. 93-105, 6figs., 2tables.

**Abstract:** Hachijojima Island consists of the volcanic edifices, Higashiyama and Nishiyama. The Higashiyama volcano was active from over 0.1 Ma to 0.004 Ma, while Nishiyama started its activity at approximately 0.01 Ma. Rocks of the former are chemically variable ranging from basalt to rhyolite, while the latter are mostly basaltic with minor amounts of basaltic andesite. In addition, the Higashiyama volcanic rocks are distinguished from the Nishiyama volcanic rocks on SiO<sub>2</sub> variation diagrams by higher contents of incompatible elements such as K, Rb and Ba.

Basaltic rocks of the Nishiyama volcano are characterized as plagioclase control; i.e. the bulk chemistry is controlled by plagioclase addition or removal. In contrast, basaltic to andesitic rocks of the Higashiyama volcano could be formed by fractional crystallization of plagioclase and mafic minerals, without plagioclase control. Dacitic to rhyolitic rocks could not represent simple differentiates from basaltic magma. They formed from basaltic rocks through different processes involving magma mixing and/or crustal contamination.

### 要 旨

八丈島は、10万年以上前から活動を始め約4000年前に活動を終了した東山火山と、約1万年前に活動を開始した西山火山からなり、それぞれ独立した山体を形成している。東山の噴出物は玄武岩から流紋岩までの広い組成幅を持つのにに対し、西山は玄武岩と少量の玄武岩質安山岩から構成されている。両者は化学組成から明瞭に区別ができ、ハーカー図上で東山の噴出物は西山よりもK, Rb, Baなどのインコンパティブル元素に乏しい特徴がある。西山では、斜長石の濃集によるplagioclase controlが全岩化学組成を支配する主たる要因であり、マフィック鉱物を含む結晶分化作用は重要ではない。それに対し東山ではplagioclase controlは機能せず、少なくとも玄武岩から安山岩までは斜長石・マフィック鉱物の結晶分化作用により導くことができる。東山のデイサイト-流紋岩は結晶分化作用のみでは玄武岩から導くのは困難であり、玄武岩-安山岩とは異なるプロセスを経て形成された可能性が高い。

### 1. はじめに

伊豆七島の一つ八丈島は、東京の南方約300kmに位置する火山島である。この島は北西-南東に伸びた繭型を

しており、北西部を西山火山（標高854m）、南東部を東山火山（標高701m）が占める（Fig. 1）。本報告では両火山を合わせて八丈島火山群と呼ぶ。

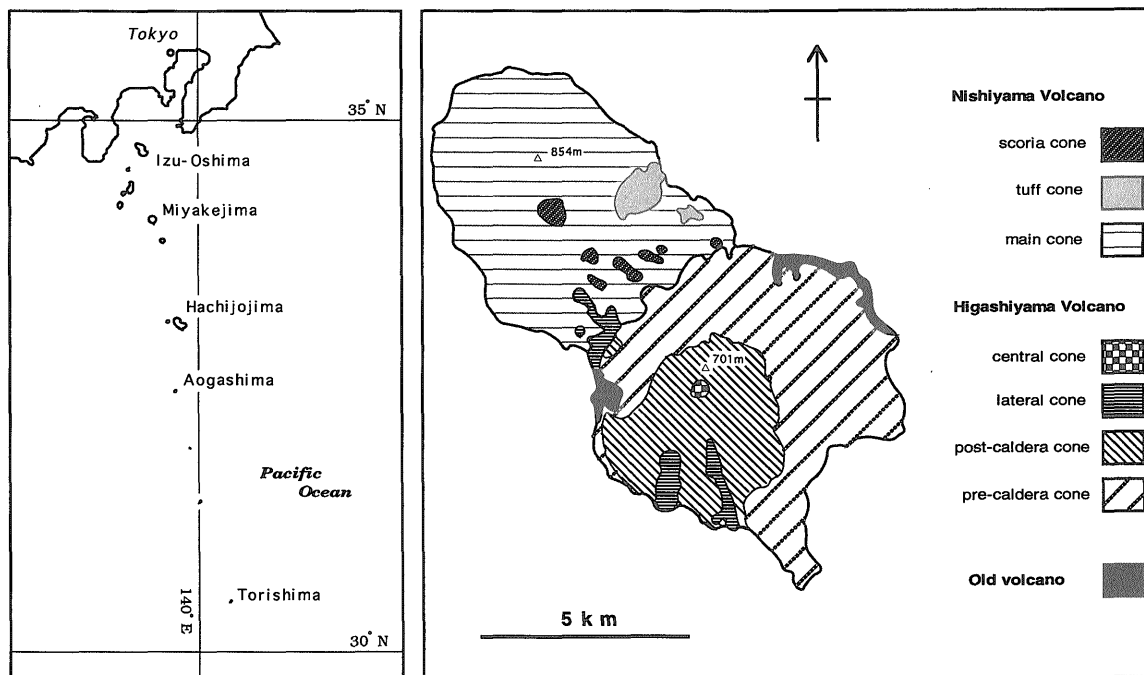
八丈島火山群の地質については、一色（1959）が5万分の1地質図幅「八丈島」でその全容を明らかにした。最近、津久井ほか（1991）、津久井（1993）や菅（1993, 1994）はテフラ層序の研究から、東山火山後期の詳細な活動史を明らかにしている。

東山火山は低アルカリソレアイト系列の玄武岩から流紋岩まで変化に富んだ岩石を産するのに対し、西山火山は玄武岩を主体とし、わずかに玄武岩質安山岩を伴うのみである（一色, 1959）。両火山の玄武岩の化学組成が異なることはIsshiki（1963）によりすでに指摘されている。Isshiki（1963）の詳細な岩石記載以後は、Matsuhisa（1979）の酸素同位体比、Onuma *et al.*（1983）のSr/Ca - Ba/Caシステムティックス、Notsu *et al.*（1983）のストロンチウム同位体比など、多くの研究がなされてきた。また、津久井ほか（1993）は東山火山後期のテフラに注目し、鉱物化学組成の詳細な分析によりマグマ供給系の解明を試みた。しかしながら、これらの研究の多くは主に東山火山噴出物に関するものであった。西山火山に関しては、Tsuya（1937）、一色（1959）、Isshiki（1963）によって岩石記載が行われ

\*地質部（Geology department, GSJ）

\*\*元地質標本館（Retired from Geological Museum, GSJ）

Keywords: Hachijojima, Nishiyama, Higashiyama, chemical composition, plagioclase control



第1図 八丈島火山群の位置と地質概略図。  
地質図は一色 (1959) を一部修正の上、簡略化してある。

Fig. 1 Index and simplified geologic map of the Hachijojima Volcano Group.  
Geologic map modified from Isshiki (1959).

た。噴出物に含まれる斑れい岩やドレライトなどの類質岩片に関しては、原田 (1924), Harada (1924), Isshiki (1958) などの研究があり、その成因が論じられている。中野ほか (1991) は、西山火山の全岩化学組成変化の主要な要因がplagioclase control (Nakano and Yamamoto, 1991) であることを明らかにした。

筆者らは、地質学的・岩石学的な手法を用いて八丈島火山群のマグマ供給系を解明する研究を進めてきている。本報告では、地表調査で採取した試料の全岩化学組成の分析結果を報告し、東山と西山の化学組成には明瞭な差があることを明らかにする。

1989年度から1991年度にかけて、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) により八丈島において地熱開発促進調査が実施された。この調査では最長深度1500mに達する8本のボーリング掘削が行われている (新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1993; 石川, 1994)。調査終了後にコア試料は公開され、岩相記載や化学分析も行われつつある (中野ほか, 1993; 小出ほか, 1995; 平田ほか, 1996)。このコア試料の化学分析を行った結果では、東山火山末期から西山火山初期にかけて化学組成が漸移している可能性が指摘された (中野ほか, 1993)。これについての詳細は続報にて報告する予定である。

## 2. 八丈島火山群の概要

東山火山の山体は開析を受け、複雑な地形である。溶岩と火砕物の累重が観察される海食崖を除いては露出に乏しいため、特にその初期から主山体が完成するまでの形成史は十分には解明されていない。海岸付近には古い山体が露出しており、一色 (1959) はその一部を古期成層火山として東山火山とは区別したが、最近の津久井ほか (1991) や菅 (1994) の研究ではこれらは東山火山の一部として扱われている。この古い山体からはく0.14MaのK-Ar年代が得られており、東山火山初期の活動の開始は10万年前より古いと考えられている (Kaneoka *et al.*, 1970)。東山の主活動期においては、一色 (1959) によれば1回、津久井ほか (1991) によれば2回以上にわたってカルデラが形成されたいが、その形成過程は分かっていない。一色 (1959) はカルデラ形成を境に先カルデラ成層火山と後カルデラ成層火山に区分している。東山火山の末期には大量のデイサイトマグマの噴出があり、三原火口 (1.4×0.9km: 三原カルデラとも呼ばれる) が形成された。その後の活動の中心は現在の山頂部 (三原山) と側火口に移った。これが一色 (1959) による側火山・中央火口丘の活動である。三原火口形成以後の活動史は津久井ほか (1991) や菅 (1993, 1994) によりかなり詳細に解明されてきている。東山火山は約4000年前に活動を終了

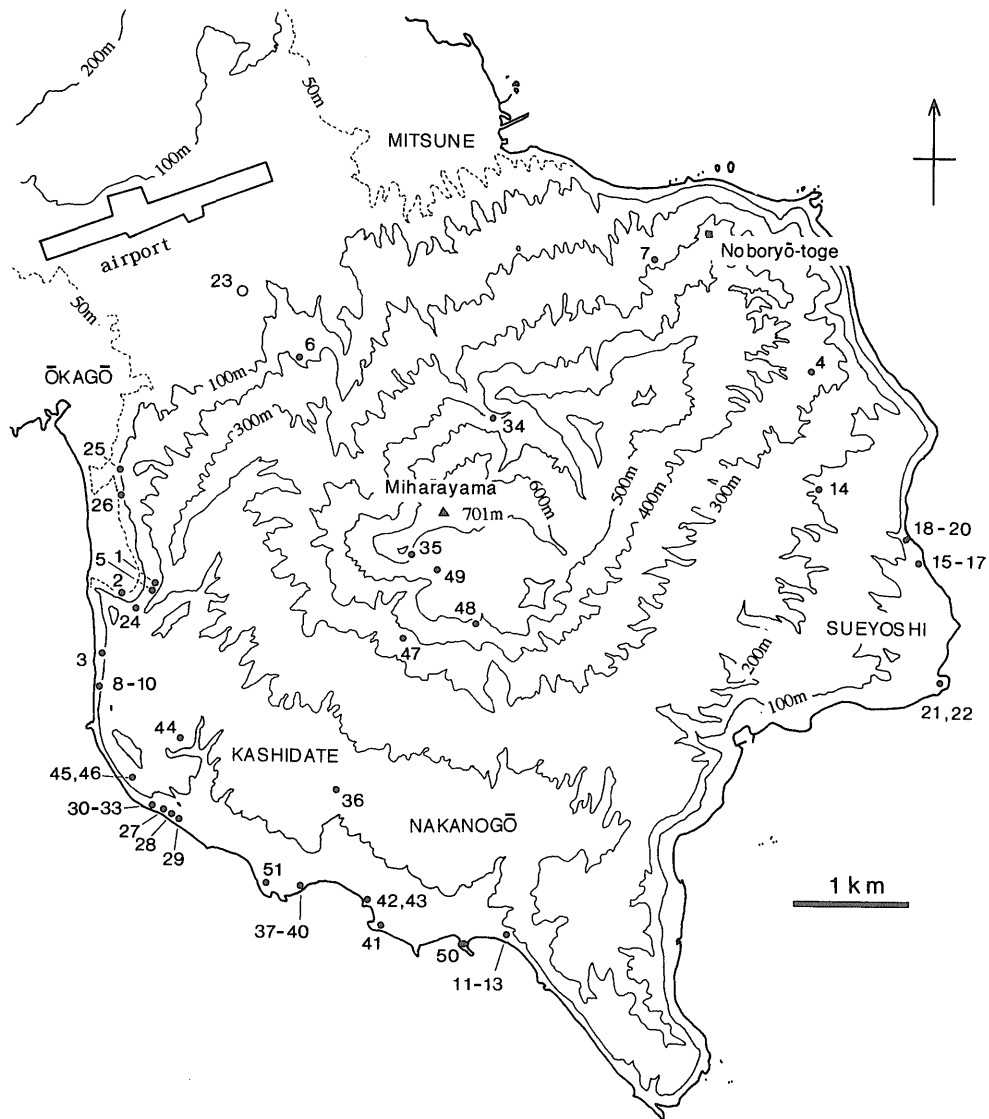
した（津久井ほか，1991）。

西山火山は，主成層火山，凝灰岩丘および多数の側火山（小型スコリア丘）からなる。これらの形成順序はほとんど解明されていない。主成層火山は八丈富士とも呼ばれる円錐形の成層火山であり，ほとんど開析を受けていない。凝灰岩丘（神止山）は凝灰岩と凝灰角礫岩からなる西山火山の比較的初期の噴出物である。スコリア丘は主成層火山の南東斜面から東山の北麓にかけて多数分布している。また，主成層火山体ではその地形的特徴から，現在の山頂部を中心に直径2 km弱の埋没カルデラの存在が示唆される。西山火山の活動の開始は約1万年前と推定されている（津久井ほか，1991）。なお，15世紀から17世紀にかけて小規模な噴火活動がおこなっていたことが古文書に記録されている（一色，1959）。

### 3. 全岩化学組成

#### 3.1 分析法

全岩主成分の分析は，フィリップス製PW1400型XRF装置を使用し，Sc管球を用いて40kV，75mAで定量分析を行った。標準試料JB-1aの繰り返し測定から得られた平均値と，Ando *et al.* (1989) の推奨値とでは，SiO<sub>2</sub>とCaOで約0.2%の差がみられたが，そのほかの主成分元素ではよい一致を示した。微量成分の分析は，フィリップス製PW1404型XRF装置にてSc/Moデュアル管球を用い，90kV，30mAでRb，Sr，Ba，Y，Zrを，60kV，50mAでCr，Ni，Zn，Cu，Vを定量した。補正法および分析誤差はUjiiie and Togashi (1992)，Ujiiie *et al.* (1993) とほぼ同じである。西山火山噴出物の分



第2図 東山火山分析試料の採取地点

Fig. 2 Location of rock samples for chemical analyses from the Higashiyama volcano.

第1表 西山火山噴出物の全岩化学組成

試料採取地点は中野ほか (1991) の第2図に示してある。主成分は%, 微量元素はppmで表示.

Table 1 Chemical compositions of the Nishiyama volcanic rocks.

Location of samples are shown in Fig. 2 of Nakano *et al.* (1991). Major elements are in % and trace elements are in ppm.

No.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Zn
1	50.82	1.29	17.83	12.63	0.18	3.89	10.86	2.04	0.33	0.13	4.0	181	125	33	62	366	72	25	183	103
2	50.48	1.35	17.15	13.16	0.19	4.26	11.00	1.95	0.33	0.13	3.9	176	112	33	63	398	218	68	143	115
3	50.16	1.41	17.33	13.67	0.20	4.06	10.74	2.03	0.28	0.12	3.4	186	119	34	56	468	124	39	179	116
4	51.41	1.79	13.44	16.84	0.25	4.30	9.42	2.08	0.33	0.14	3.7	170	128	42	67	505	11	16	180	146
5	51.29	1.71	14.38	15.49	0.22	4.63	9.70	2.02	0.40	0.16	5.4	165	142	47	78	437	162	49	275	140
6	50.17	1.36	18.43	12.76	0.18	3.49	11.16	2.03	0.29	0.13	3.2	191	119	34	56	432	83	21	129	107
7	51.02	1.58	14.76	15.20	0.23	4.92	9.79	2.05	0.32	0.13	4.2	166	120	37	62	485	104	41	195	131
8	50.06	1.42	16.89	13.67	0.20	4.39	11.01	1.93	0.30	0.13	3.0	188	105	35	59	460	166	49	126	116
9	54.33	1.71	14.01	14.74	0.24	3.30	8.43	2.53	0.51	0.20	6.6	183	189	54	93	266	106	33	169	154
10	51.18	1.44	16.95	13.42	0.20	3.71	10.44	2.17	0.34	0.15	4.4	184	117	36	64	395	96	25	125	123
11	50.39	1.36	17.17	12.98	0.19	4.35	11.16	1.95	0.32	0.13	3.8	179	118	35	60	400	39	16	191	110
12	51.18	1.57	14.10	16.34	0.25	4.47	9.62	2.10	0.25	0.12	2.1	161	115	35	52	496	57	29	138	150
13	50.78	1.42	16.54	14.51	0.22	3.61	10.41	2.16	0.24	0.11	<2.0	180	88	32	49	459	112	37	160	126
14	54.41	1.77	13.87	15.05	0.24	3.16	8.24	2.51	0.54	0.21	7.0	184	195	56	98	249	87	25	194	149
15	51.22	1.42	17.16	13.27	0.20	3.68	10.47	2.08	0.36	0.14	3.3	186	128	38	64	389	24	9	169	124
16	51.12	1.41	17.21	13.20	0.20	3.67	10.57	2.14	0.34	0.14	3.9	187	124	37	66	396	21	8	179	116
17	51.13	1.42	17.20	13.26	0.20	3.66	10.50	2.12	0.36	0.15	3.7	187	130	38	63	378	195	51	157	127
18	50.13	1.22	18.53	12.07	0.17	4.03	11.56	1.86	0.31	0.12	3.5	177	115	33	58	356	80	25	136	105
19	50.06	1.21	18.72	12.02	0.17	4.13	11.51	1.79	0.27	0.12	2.7	174	119	33	59	360	27	12	108	105
20	50.12	1.22	18.52	12.09	0.17	4.06	11.68	1.81	0.21	0.12	4.1	174	109	33	58	363	178	54	159	106
21	51.10	1.31	17.69	12.66	0.18	3.87	10.77	1.96	0.32	0.14	3.9	175	117	35	65	370	21	9	139	118
22	49.79	1.18	18.96	11.81	0.17	4.05	11.82	1.81	0.30	0.11	3.2	178	113	31	54	356	134	37	159	105
23	50.81	1.43	17.35	13.09	0.18	3.79	10.96	1.91	0.34	0.14	4.0	183	128	37	65	412	162	52	142	111
24	50.64	1.38	17.60	12.73	0.18	3.78	11.15	2.02	0.38	0.14	4.2	184	123	35	64	387	58	21	173	115
25	50.73	1.46	17.08	13.59	0.19	3.83	10.70	1.97	0.33	0.12	3.3	179	111	34	59	466	193	54	119	121
26	49.64	1.18	19.96	11.51	0.16	3.39	11.85	1.96	0.25	0.10	3.0	198	97	28	44	418	129	42	122	95

No.	Sample No.	GEMS No.	
1	NI55072003	R46524	coarse-grained basalt lava (Isshiki, 1958)
2	HJ-02	R49596	augite-olivine basalt lava
3	HJ-01	R49597	olivine-bearing basalt lava exposed above the no.4 lava
4	NI53072705	R46526	aphyric basalt lava (Isshiki, 1958)
5	NI52102004	R45852	basalt lava free from mafic phenocrysts
6	NI52102001	R45847	basalt lava free from mafic phenocrysts
7	NI52102002	R45848	aphyric basalt lava
8	NI53080316	R46023	basalt lava free from mafic phenocrysts
9	NI53080314	R46021	augite-bearing andesite lava exposed above the no.8 lava
10	NI53080313	R46020	bronzite-bearing basalt lava exposed above the no.9 lava
11	NI53080312	R46019	olivine basalt lava exposed above the no.10 lava
12	NI53080209	R45999	aphyric basalt lava
13	NI53072604	R45930	basalt lava free from mafic phenocrysts
14	HJ-22	R49598	aphyric andesite lava, the same locality with Tsuya's (1937) no.83
15	HJ-20	R49599	basalt scoria free from mafic phenocrysts
16	HJ-21	R49600	basalt lava free from mafic phenocrysts, issued from the same scoria cone with the no.15 scoria
17	HJ-38	R49601	basalt scoria free from mafic phenocrysts
18	HJ-32	R49602	olivine-bearing basalt scoria
19	HJ-34b	R49603	olivine basalt volcanic bomb
20	HJ-34a	R49604	olivine basalt volcanic bomb, from the same scoria cone with no.19
21	HJ-35b	R49605	olivine-bearing augite-bronzite basalt scoria
22	HJ-36	R49606	olivine-augite basalt volcanic bomb
23	HJ-30	R49607	basalt scoria free from mafic phenocrysts
24	HJ-29	R49608	augite-bearing basalt scoria
25	HJ-31	R49609	olivine-bearing augite basalt scoria
26	HJ-37	R49610	basalt volcanic bomb free from mafic phenocrysts

Major-element compositions are from Nakano *et al.* (1991).

Modal compositions of phenocrysts are listed in Nakano *et al.* (1991).

GEMS No.: registered No. at the Geological Museum of GSJ.

第2表 東山火山噴出物の全岩化学組成

試料採取地点は第2図に示してある。主成分は%，微量成分はppmで表示。

Table 2 Chemical compositions of the Higashiyama volcanic rocks.

Localtion of samples are shown in Fig. 2. Major elements are in % and trace elements are in ppm.

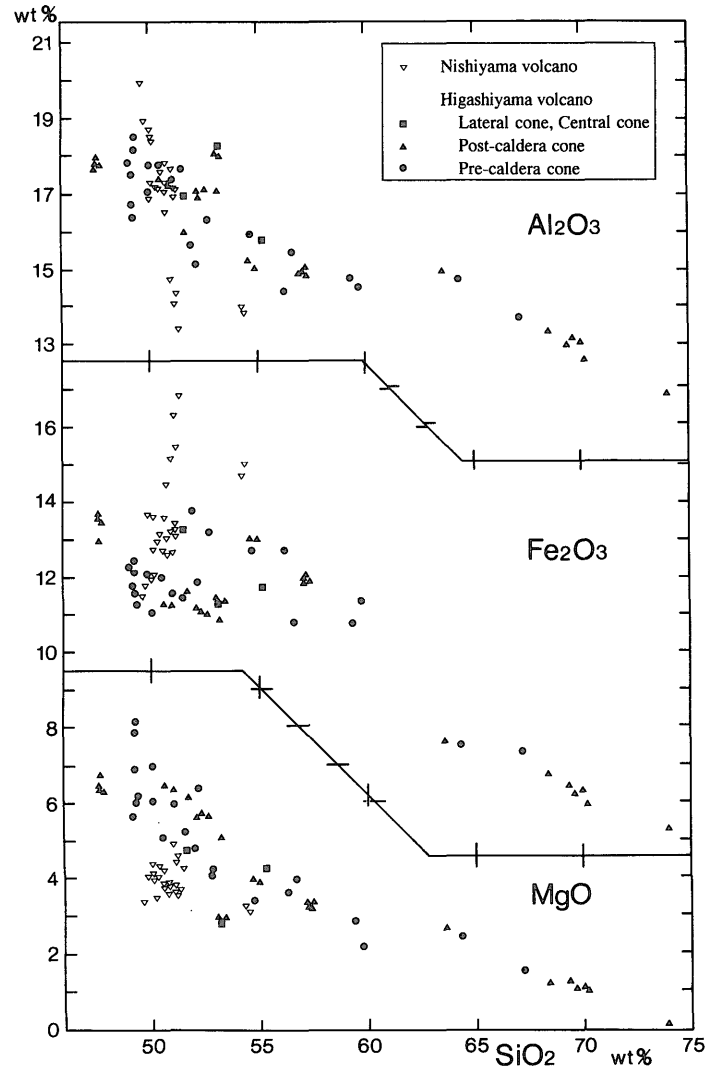
No.	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rb	Sr	Ba	Y	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Zn	
Pre-caldera cone																					
1	50.07	0.74	17.79	11.10	0.17	6.10	12.28	1.57	0.13	0.05	<2.0	154	46	20	37	409	87	33	123	87	
2	52.18	0.94	15.16	11.89	0.18	6.40	11.01	1.82	0.33	0.09	3.6	149	109	27	56	371	158	48	166	102	
3	56.28	1.08	14.43	12.75	0.19	3.64	8.36	2.61	0.56	0.10	6.1	147	159	37	78	355	17	13	127	122	
4	49.37	0.74	18.54	11.31	0.18	6.20	11.98	1.56	0.07	0.05	<2.0	199	63	17	26	380	62	34	130	84	
5	59.74	1.23	14.52	11.40	0.21	2.21	6.87	3.21	0.42	0.19	<2.0	164	203	49	100	204	48	15	101	119	
6	56.63	0.72	15.47	10.83	0.19	4.01	9.30	2.39	0.36	0.10	1.7	159	122	36	70	262	38	14	177	108	
7	54.72	1.04	15.96	12.74	0.22	3.43	9.19	2.40	0.22	0.08	<2.0	198	84	28	44	400	4	2	141	113	
8	49.11	0.87	17.83	12.29	0.20	5.68	12.16	1.63	0.16	0.07	<2.0	180	53	17	34	408	54	22	105	97	
9	51.53	0.81	17.65	11.51	0.20	5.27	10.76	2.01	0.17	0.09	<2.0	201	59	20	32	322	27	19	83	92	
10	51.06	0.78	17.37	11.62	0.19	6.01	10.88	1.84	0.17	0.08	<2.0	193	47	21	35	339	33	25	86	94	
11	49.25	0.70	16.74	12.20	0.20	7.89	11.40	1.47	0.08	0.07	<2.0	178	39	14	27	335	47	45	132	93	
12	49.28	0.72	16.42	12.44	0.20	8.17	11.13	1.48	0.10	0.06	<2.0	176	49	16	27	322	83	56	167	89	
13	50.04	0.74	17.08	12.07	0.20	7.01	11.05	1.63	0.11	0.07	<2.0	181	42	16	27	336	88	47	408	96	
14	49.31	0.76	18.17	11.63	0.19	6.08	12.20	1.51	0.09	0.06	<2.0	183	61	16	23	423	142	48	194	87	
15	49.22	0.76	17.53	11.77	0.19	6.94	11.92	1.49	0.13	0.05	<2.0	191	47	18	26	364	75	38	132	89	
16	50.54	0.83	17.80	12.01	0.20	5.12	11.60	1.74	0.11	0.05	<2.0	192	68	19	29	439	46	17	131	95	
17	52.00	1.11	15.68	13.79	0.22	4.81	10.14	1.98	0.21	0.06	<2.0	180	78	23	40	500	15	10	127	107	
18	59.36	0.96	14.77	10.82	0.20	2.90	7.48	2.93	0.48	0.10	3.5	181	142	37	87	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
19	52.75	1.02	16.33	13.19	0.21	4.15	9.97	2.09	0.23	0.06	<2.0	185	88	23	48	517	12	6	117	107	
20	52.78	1.03	16.32	13.23	0.21	4.22	9.87	2.07	0.21	0.06	<2.0	187	89	25	45	513	87	27	96	102	
21	64.32	0.53	14.79	7.59	0.15	2.47	6.04	3.26	0.74	0.11	7.9	1.9	213	46	94	80	15	13	35	94	
22	67.18	0.55	13.74	7.39	0.15	1.57	4.86	3.68	0.77	0.11	8.6	152	243	52	111	60	109	32	56	96	
Post-caldera cone																					
23	74.03	0.34	11.82	5.41	0.13	0.18	2.78	4.10	1.17	0.04	12.9	125	302	66	156	10	146	40	24	111	
24	68.50	0.45	13.40	6.83	0.15	1.26	4.73	3.66	0.99	0.03	9.8	139	266	55	131	90	205	58	29	107	
25	47.65	0.82	17.84	12.95	0.20	6.77	12.29	1.32	0.11	0.05	<2.0	168	37	15	23	462	148	48	49	93	
26	51.70	0.73	15.99	11.63	0.19	6.18	11.59	1.72	0.20	0.07	<2.0	146	74	23	41	294	58	20	100	95	
27	52.30	0.86	16.93	11.14	0.18	5.71	10.62	1.91	0.25	0.10	<2.0	170	90	25	47	349	123	41	129	96	
28	54.65	1.14	15.23	13.03	0.22	3.99	8.94	2.41	0.28	0.11	<2.0	172	105	35	59	393	43	16	89	116	
29	53.19	0.79	17.06	10.90	0.19	5.12	10.23	2.19	0.23	0.10	2.0	187	78	25	46	296	119	46	103	102	
30	69.38	0.41	13.01	6.49	0.14	1.26	4.44	3.82	1.02	0.03	10.6	138	264	55	130	64	108	36	21	102	
31	70.19	0.39	12.66	6.00	0.14	1.03	3.97	4.42	1.17	0.03	10.6	132	270	57	135	45	111	40	15	101	
32	69.63	0.42	13.21	6.29	0.14	1.09	4.50	3.69	1.00	0.03	10.1	139	272	53	128	68	82	26	24	105	
33	70.03	0.42	13.10	6.37	0.14	1.09	4.21	3.59	1.02	0.03	10.4	130	274	53	130	57	79	29	10	104	
34	63.58	0.56	14.98	7.67	0.14	2.69	6.49	3.17	0.61	0.11	5.7	159	197	47	98	111	99	39	64	81	
35	52.61	0.86	17.12	11.04	0.18	5.68	10.30	1.88	0.24	0.09	<2.0	167	88	25	52	339	199	62	67	90	
36	57.23	1.09	15.01	11.90	0.21	3.32	8.15	2.58	0.38	0.13	2.5	172	145	39	73	312	6	3	46	108	
37	50.62	0.77	17.38	11.31	0.18	6.51	11.30	1.68	0.18	0.07	<2.0	169	67	20	37	350	189	57	73	88	
38	57.16	1.10	14.96	11.94	0.21	3.35	8.16	2.60	0.39	0.13	3.8	173	156	38	72	293	58	18	62	111	
39	57.32	1.08	14.88	11.85	0.21	3.34	8.12	2.63	0.44	0.13	4.1	172	144	38	76	316	5	1	52	113	
40	57.15	1.09	14.98	11.89	0.21	3.34	8.20	2.59	0.42	0.13	4.5	170	149	40	73	319	77	27	57	112	
41	53.34	1.05	18.07	11.38	0.18	2.95	10.30	2.33	0.29	0.11	2.7	196	98	30	52	359	88	26	59	101	
42	51.02	0.79	17.26	11.29	0.18	6.38	11.14	1.67	0.19	0.08	<2.0	168	69	21	39	340	157	50	86	90	
43	54.92	1.16	15.02	13.05	0.22	3.92	8.84	2.41	0.34	0.12	3.3	173	112	35	59	363	49	17	80	112	
44	47.63	0.90	17.95	13.62	0.21	6.44	11.81	1.28	0.11	0.05	<2.0	167	55	16	25	429	16	9	56	100	
45	47.76	0.90	17.79	13.49	0.21	6.32	11.97	1.40	0.11	0.05	<2.0	171	34	16	22	485	87	25	53	103	
46	47.67	0.90	17.74	13.59	0.21	6.37	11.95	1.40	0.12	0.05	<2.0	170	45	16	23	479	113	35	56	103	
47	52.23	0.85	17.08	11.20	0.18	5.63	10.63	1.88	0.23	0.09	<2.0	170.5	94	25	45	339	137	41	64	94	
48	53.18	1.06	18.14	11.48	0.19	2.97	10.31	2.28	0.28	0.11	<2.0	191.7	87	30	52	362	85	23	94	101	
Lateral cone / Central cone																					
49	51.64	1.13	16.98	13.29	0.22	4.75	9.82	1.96	0.15	0.06	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
50	53.19	1.05	18.24	11.37	0.18	2.91	10.34	2.34	0.27	0.11	<2.0	193.1	96	30	51	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
51	55.23	0.81	15.80	11.78	0.19	4.30	9.32	2.12	0.38	0.07	3.5	157.4	126	32	68	339	58	18	47	96	

No.	Sample No.	GEMS No.	
1	NI54071102	R46503	olivine basalt dike, no.4 of Isshiki (1963) with modal composition
2	NI54071401	R46505	aphyric basalt dike, no.6 of Isshiki (1963) with modal composition
3	NI54072007	R46506	aphyric andesite dike, no.7 of Isshiki (1963) with modal composition
4	HJ-17	R64075	augite-olivine basalt lava
5	NI54071012a	R46509	hypersthene-augite-bearing andesite dike, no.10 of Isshiki (1963) with modal composition
6	NI53072402	R46507	olivine-augite andesite lava, no.8 of Isshiki (1963)
7	HJ-18	R64076	hypersthene-augite andesite lava
8	NI52101414	R45799	olivine basalt lava exposed above no.9 lava
9	NI52101416	R45801	augite-olivine basalt lava exposed above no.10 lava
10	NI52101415	R45800	hypersthene-bearing augite-olivine basalt lava
11	NI52092704	R5856	augite-olivine basalt lava exposed above no.12 lava
12	NI52092703	R5854	augite-olivine basalt lava exposed above no.13 lava
13	NI52092702	R5853	hypersthene-augite-olivine basalt lava
14	NI52100802	R46512	augite-olivine basalt lava, no.13 of Isshiki (1963) with modal composition
15	NI52101705	R45814	olivine basalt lava exposed above no.16 lava
16	NI52101707	R45816	olivine basalt lava (a lava flow is intercalated between no.15 and no.16 lavas)
17	NI53072206	R45893	olivine basalt lava
18	NI52101709	R46508	aphyric andesite lava
19	NI77120803	R46625	andesite lava free from mafic phenocryst, exposed above no.20 lava
20	NI56072302	R46465	olivine-bearing andesite lava
21	NI56072706	R46514	olivine-hypersthene-augite dacite pumice in a pumice flow deposit, no.15 of Isshiki (1963)
22	HJ-14	R64073	olivine-hypersthene-augite dacite fragment (obsidian) in a pumice fall deposit, covered by a pumice flow deposit including no.21 pumice
23	* NI53011301	R46511	ferroaugite-fayalite quartz rhyolite fragment (obsidian) in a pumice flow deposit (?), no.12 of Isshiki (1963)
24	* NI57032205(2)	R46510	ferroaugite-fayalite quartz dacite bomb in a pumice flow deposit, no.11 of Isshiki (1963)
25	* NI54071101	R46502	aphyric basalt lava, no.3 of Isshiki (1963)
26	* NI52092601	R46504	augite-olivine basalt lava, no.5 of Isshiki (1963) with modal composition
27	NI54071706	R46517	augite-hypersthene-olivine basalt lava, exposed above no.28 lava, no.18 of Isshiki (1963) with modal composition
28	NI54071707	R46131	olivine-augite-hypersthene andesite lava exposed above no.29 lava
29	NI54071704	R46129	hypersthene-augite-olivine andesite lava
30	HJ-11a	R64065	ferroaugite-fayalite quartz dacite pumice (dark colored) in a pumice flow deposit
31	HJ-11b	R64066	ferroaugite-fayalite quartz dacite pumice (dark colored) in a pumice flow deposit
32	HJ-11c	R64067	ferroaugite-fayalite quartz dacite pumice (dark colored) in a pumice flow deposit
33	HJ-11d	R64068	ferroaugite-fayalite quartz dacite pumice (light colored) in a pumice flow deposit
34	NI54073103	R46519	olivine-hypersthene-augite dacite lava, no.20 of Isshiki (1963)
35	NI54072503	R46516	olivine-hypersthene-augite andesite lava, no.17 of Isshiki (1963)
36	NI52101202	R46518	augite-hypersthene andesite lava, no.19 of Isshiki (1963) with modal composition
37	NI54072210	R46191	olivine basalt lava exposed above no.38 lava
38	NI54072209	R46190	augite-hypersthene andesite lava exposed above no.39 lava
39	NI54072208	R46189	augite-hypersthene andesite lava exposed above no.40 lava
40	NI54072207	R46188	olivine-augite-bearing hypersthene andesite lava
41	NI54080706	R46307	augite-hypersthene-bearing andesite lava exposed above no.42 lava
42	NI54080705	R46306	augite-bearing olivine basalt lava exposed above no.43 lava
43	NI54080704	R46305	augite-bearing hypersthene andesite lava
44	HJ-07a	R64063	olivine basalt scoria equivalent to no.16 of Isshiki (1963)
45	HJ-13a	R64070	olivine basalt scoria equivalent to no.16 of Isshiki (1963)
46	HJ-13b	R64071	olivine basalt scoria equivalent to no.16 of Isshiki (1963)
47	NI69031501	R46559	augite-hypersthene-olivine basalt lava
48	NI69031503	R46561	olivine-augite-hypersthene andesite lava
49	NI57032011	R46520	olivine-augite-pigeonite-hypersthene basalt bomb, no.21 of Isshiki (1963)
50	NI52092701	R46521	augite-bearing hypersthene andesite lava, no.22 of Isshiki (1963) with modal composition
51	NI55071309	R46522	hypersthene-bearing quartz-ferropigeonite-augite-olivine andesite lava, no.23 of Isshiki (1963)

\*Nos.23-26 samples were included in the pre-caldera stage by Isshiki (1959, 1963). After that, subsequent research reveals that they should be members of post-caldera stage (Isshiki, unpublished).

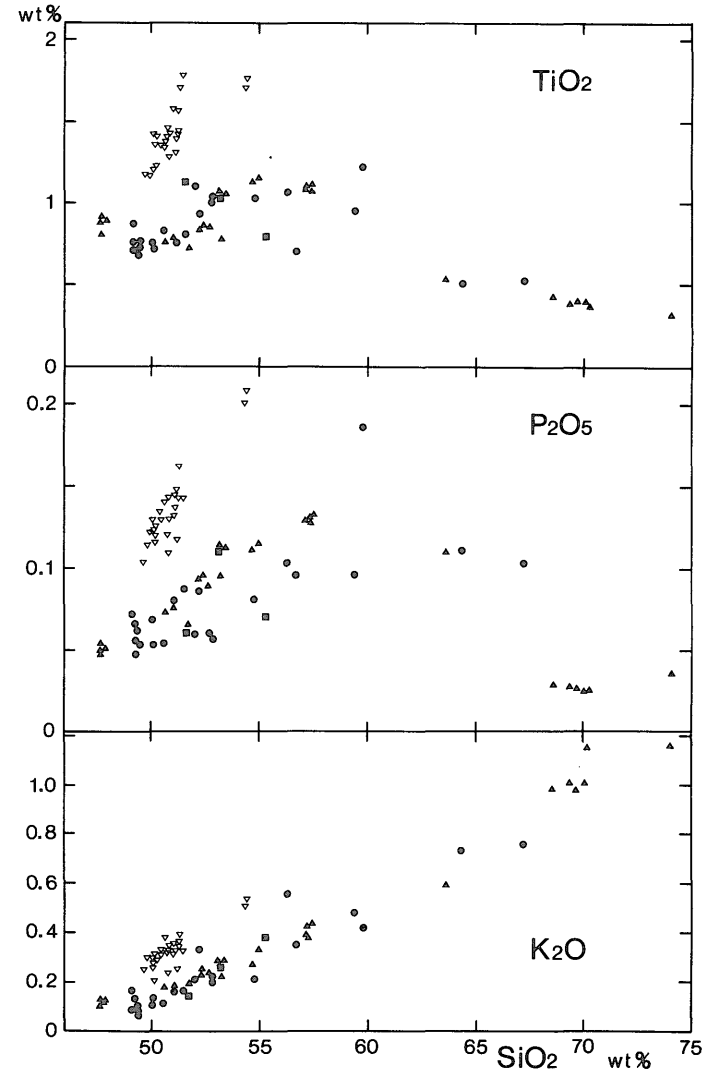
第3図  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ の $\text{SiO}_2$ 変化図  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ は全鉄を表す。

Fig. 3  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{MgO}$  variation diagrams plotted against  $\text{SiO}_2$ .  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  is total iron.



第4図  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ の $\text{SiO}_2$ 変化図  
 記号は第3図と共通。

Fig. 4  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  and  $\text{K}_2\text{O}$  variation diagrams plotted against  $\text{SiO}_2$ .  
 Symbols as defined on Fig. 3.



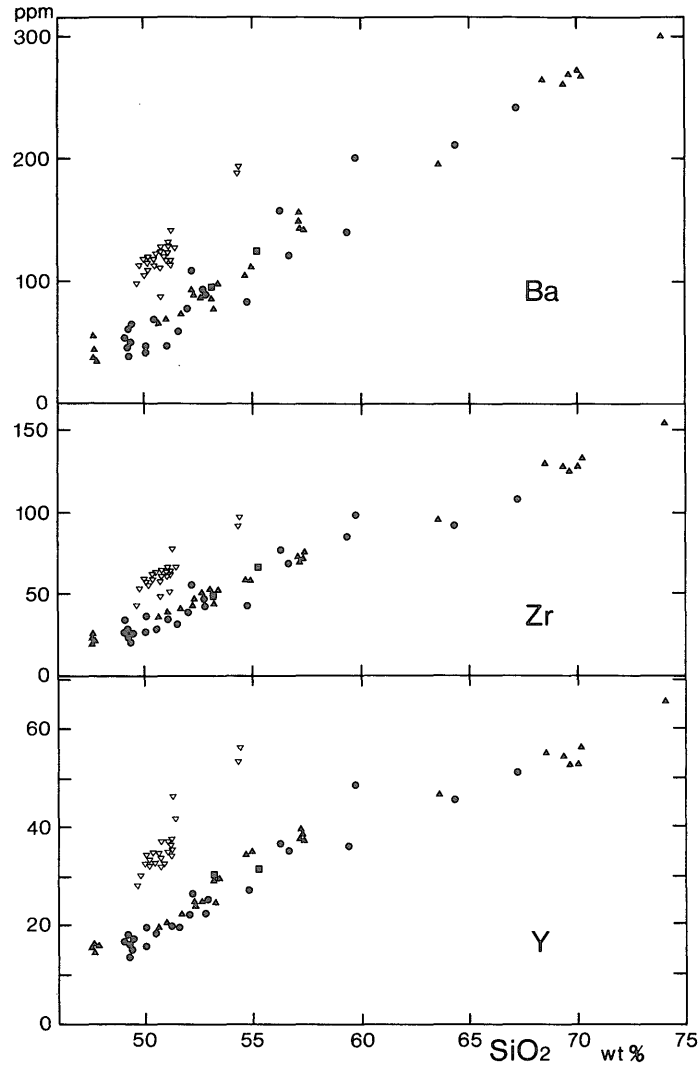


第5図 Ba, Zr, YのSiO<sub>2</sub>変化図

記号は第3図と共通.

Fig. 5 Ba, Zr and Y variation diagrams plotted against SiO<sub>2</sub>.

Symbols as defined on Fig. 3.

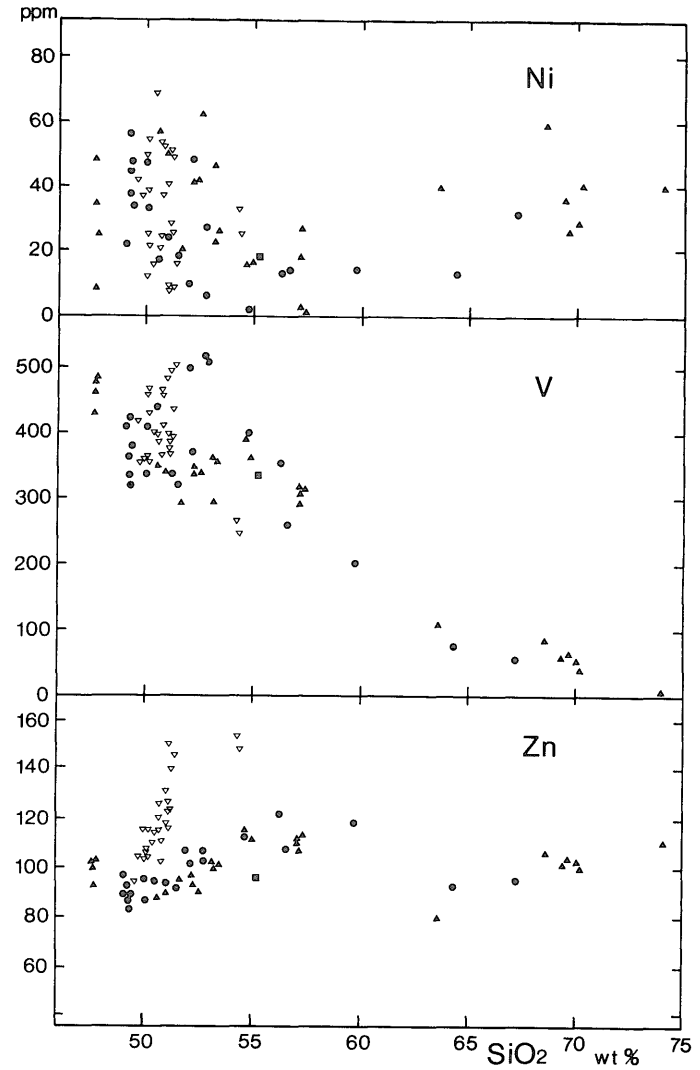


第6図 Ni, V, ZnのSiO<sub>2</sub>変化図

記号は第3図と共通.

Fig. 6 Ni, V and Zn variation diagrams plotted against SiO<sub>2</sub>.

Symbols as defined on Fig. 3.



析結果をTable 1に、東山火山噴出物についてはTable 2に示す。なお、主成分については、全鉄を $\text{Fe}_2\text{O}_3$ として表し、10成分の合計を100%に再計算した値を用いる。

### 3.2 分析試料および分析結果の概略

東山火山の分析試料採取地点をFig. 2に示す。西山火山の分析試料は中野ほか (1991) と共通の番号であり、採取地点は中野ほか (1991) に示されているので、ここでは省略する。西山火山に関しては、中野ほか (1991) は山頂火口噴出物と側火口噴出物に区分し議論したが、本論では西山火山噴出物として一括する。東山火山に関しては、津久井ほか (1991) や菅 (1993, 1994) の行った層序区分は東山火山の後期に限定されており、主火山体の形成過程や三原火口形成以前のカルデラ形成期についてはほとんど言及されていない。したがってここでは一色 (1959) の区分を用い、先カルデラ成層火山、後カルデラ成層火山、側火山・中央火口丘の3つに区分する。

主成分組成でみると、西山火山は $\text{SiO}_2$ が49.6-54.4%の玄武岩および玄武岩質安山岩からなり、玄武岩が卓越するのに対し (中野ほか, 1991), 東山火山は $\text{SiO}_2$ が47.6-74.0%の、玄武岩から流紋岩までの広い範囲の組成を示している。西山と東山の化学組成を比べると、主成分でも微量成分でも明瞭な差がみられる。 $\text{SiO}_2$ を基準に比べた場合、東山の噴出物は西山よりも $\text{MgO}$ に富み、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{TiO}_2$ に乏しい。また、微量元素では、Rb, Ba, Zr, Y, Znに乏しい。これらのうち、いくつかの $\text{SiO}_2$ に対する変化図 (ハーカー図) をFig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6に示した。

### 3.3 西山火山噴出物の化学組成

中野ほか (1991) は、西山火山の岩石がかんらん石や普通輝石などのマフィック斑晶をほとんど含まないこと、斜長石斑晶量のみが0%から40%以上まで変化することに注目した。そして、全岩組成および斜長石組成の分析結果から、玄武岩はほぼ一定の石基組成を持ち、全岩組成変化は斜長石斑晶量の増減のみで説明できることを示した (plagioclase control)。また、ごく少量の玄武岩質安山岩は、かんらん石・輝石・斜長石・FeTi酸化物の結晶分別による分化 (differentiation) により玄武岩から形成されたと考えた。このplagioclase controlは、 $\text{SiO}_2$ に対する $\text{Al}_2\text{O}_3$ や $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の急激な変化でよく示されている (Fig. 3)。

### 3.4 東山火山噴出物の化学組成

東山火山では、 $\text{SiO}_2$ に対する急激な $\text{Al}_2\text{O}_3$ や $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の濃集がみられず (Fig. 3), 少なくとも、玄武岩から $\text{SiO}_2$ が60%の安山岩までは、ばらつきはあるもののほぼ一連のトレンドを形成しており、西山火山にみられたようなplagioclase controlは認められない。デイサイト-流紋岩に関しては、安山岩との間にやや $\text{SiO}_2$ の組成にギャップがみられる。 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ をみると、玄武岩-安山岩とデイサイト-流紋岩とはやや変化トレンドがずれているようである (Fig. 3)。Znでは、両者

は明らかに別トレンドを形成しているとみるのが自然である (Fig. 6)。最小自乗法による結晶分化のモデル計算では、約72%の結晶分別 (斜長石36%, かんらん石4%, 普通輝石13%, 斜方輝石15%, チタン磁鉄鉱4%) がおこると、最も $\text{MgO}$ に富む玄武岩から最も $\text{MgO}$ に乏しい安山岩を導くことができる。それに対し、玄武岩から流紋岩までのモデル計算では、計算上は約80%の結晶分別が必要であるが、特に $\text{K}_2\text{O}$ の不一致が著しく、結晶分化作用のみで導くことは困難であることが示される。

これまでの研究をみると、Sr/Ca-Ba/Caシステムマティックスでは玄武岩から流紋岩まで一連のトレンドを形成していること (Onuma *et al.*, 1983),  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比は系統的な変化を示さずに比較的狭い範囲におさまっていること (Notsu *et al.*, 1983),  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比は $\text{SiO}_2$ の増加とともにわずかに増加する一連のトレンドを形成すること (Matsuhisa, 1979) から、玄武岩から流紋岩まで結晶分別により分化し、地殻物質の混染作用が効果的にはおこっておらず、玄武岩から流紋岩まで同源のマグマに由来すると考えられてきた。Matsuhisa (1979) は、酸素同位体比の結晶-マグマ間の分配から計算して、約90%の結晶分別により玄武岩から流紋岩が導かれることを示した。このことは、すべて結晶分別で分化したとした場合にインコンパティブルなKやBaの増加率から推定される分別結晶量とほぼ調和的であるようにみえる。ところが、Niの変化をみると、データのばらつきは大きいものの玄武岩から安山岩まではほぼ減少するトレンドになっているが、デイサイト-流紋岩では、逆に安山岩よりも富むようになる (Fig. 6)。図には示していないがCrも同様の変化を示している。これらのことや、上述したようにZnや $\text{MgO}$ などのトレンドのずれが認められることから、デイサイト-流紋岩は玄武岩-安山岩からの単純な結晶分化作用のみでは形成されないことは明らかである。

荒川・木股 (1992), Arakawa *et al.* (1992) は三宅島や八丈島の火山岩に含まれる斜長石・かんらん石・普通輝石巨晶の鉍物粒ごとの $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比を測定した。その結果、これらの鉍物からは母岩とは異なるそれぞれ固有の同位体組成が得られており、それぞれの鉍物の起源に由来する可能性があることと主張されている。また、斑晶鉍物の化学組成の分析からは、東山火山の末期では玄武岩・デイサイトマグマの混合現象が起こっていると主張されている (津久井ほか, 1993)。これらの研究から、斑晶として存在する鉍物は、マグマ混合によりもしくは捕獲結晶として加わったことで説明することもできる。これらの鉍物組成のデータと全岩組成のデータを整合的に説明するマグマ進化のプロセスを考えなければならないが、今のところそのようなモデルは提示されていない。分化の主たる要因は結晶分化作用であったとしてもそのほかにマグマ混合や地殻物質の混染作用などの何らかの作用が効果的に機能していたと考えるべきであろう。

### 3.5 なぜ東山ではplagioclase controlが機能しないか？

西山火山と東山火山では化学組成上の明瞭な差異が認められた。西山ではplagioclase controlが支配的であるのに対し、東山ではplagioclase controlの特徴はまったく認められず、少なくとも玄武岩-安山岩に関しては結晶分別作用が効果的に機能しており、両火山では全く異なるマグマ進化のプロセスが働いているらしい。Plagioclase controlが機能するかどうかについて中野ほか（1991）は、「西山火山の主マグマ溜りでは斜長石・マフィック鉱物の結晶作用がほとんど進行しない。それは主マグマ溜り内ではマグマの温度低下が効果的に起こらないからであろう」と考えた。マグマの温度低下率には、地下深所から主マグマ溜りへのマグマ供給率、マグマ溜りの大きさや形状が影響するものと考えられる。このうち、マグマ溜りの大きさや形状については現段階ではほとんど解明されていないのでここでは言及しない。

Plagioclase controlが全岩組成変化の主要因となっている西山火山や伊豆大島火山では、側噴火噴出物みに分化した安山岩が認められた。このことから、主マグマ溜りから派生した副マグマ溜りでは温度低下に伴って晶出する斜長石・マフィック鉱物の分別による分化が進行すると考えられた（中野ほか，1991）。伊豆大島や西山では分化した安山岩が側火口からのみ噴出したのに対し、東山火山では側火口のみでなく山頂火口からも分化した安山岩が噴出しているのは確からしい。明瞭にplagioclase controlと分化の両トレンドが認められる青ヶ島火山でも、山頂火口から分化した安山岩が噴出していることが明らかになっている（Takada *et al.*, 1992）。したがって、分化は副マグマ溜りに固有の現象などではなく、主マグマ溜りでもある条件のもとでは十分におこりうることであり、東山火山では主マグマ溜りでも十分に分化が進行した、すなわち、温度低下が効果的に起こっていたと考えられる。

菅（1994）によると、東山火山後期の噴出率は0.22 km<sup>3</sup>/1000年、西山火山は0.46km<sup>3</sup>/1000年と見積もられている。また、東山全体でも、仮に活動期間を10万年と仮定した場合、全体積14.3km<sup>3</sup>（菅，1994）から計算して、噴出率は0.14 km<sup>3</sup>/1000年となる。青ヶ島火山では、最近3000年間で0.2-0.3km<sup>3</sup>/1000年である（Takada *et al.*, 1992）。伊豆大島火山の最近1500年間（カルデラ形成以降）では、Nakamura（1964）によると2-3 km<sup>3</sup>/1000年となるが、川辺（1991）によるとA.D.750年からA.D.1778年までの基底スコリアのみの噴出率（川辺によれば最も確実な本質物噴出量、これは最小の噴出量見積もりに相当するとしてよい）はおおよそ0.3km<sup>3</sup>/1000年となる。これらを単純に比較すると、東山火山の噴出率は、plagioclase controlが機能している伊豆大島や西山火山の噴出率よりもやや小さい。また、plagioclase controlが機能したり分化が卓越したりする青ヶ島火山とは同程度またはそれ以下である。青ヶ島火山の場合、マグマ供給率の揺らぎによって分化が進行す

るか否かが影響されていたと考えられている（Takada *et al.*, 1992）。しかしながら、火山島であるがゆえに噴出物のかなりの部分が海中に失われていることから、これらの火山の噴出量の見積もりには大きな誤差が含まれると考えるべきである。また、マグマ噴出率は必ずしもマグマ供給率に比例しているとは限らないことや、実際にはマグマ溜りの大きさや形状も大いに影響していることを考慮に入れなくてはならない。しかしながら、東山火山ではマグマ供給率が小さいために冷却による結晶分化作用が効果的に働き、plagioclase controlが機能しなかった可能性は否定できないだろう。

### 3.6 東山と西山のマグマは独立か？

津久井（1993）や津久井ほか（1993）によると、1万年前に西山の活動が始まると東山では噴出率が低下して岩質が玄武岩質からデイサイト質へと急激に変化している。また、1回の噴火エピソードの中では、東山の軽石噴火に始まって西山の玄武岩質のマグマ水蒸気爆発へ移行する例が2度あることが明らかになっている。これらのことから、たとえ両火山のマグマ溜りは独立に存在していたとしても、双方のマグマ供給系が互いに影響を及ぼしていた可能性が指摘されている。近接する火山が互いに影響している例はハワイのマウナロアとキラウエア火山で知られており、詳細な化学分析から、マウナロアのマグマがキラウエアのマグマ供給系に侵入した可能性も指摘されている（たとえば、Rhodes *et al.*, 1989）。

西山火山は、露出に乏しいこと、岩質が極めて均質であることから、層序学的な研究は困難であり、噴出物の層序関係はほとんど解明されていない。その初期の噴出物と認定されている噴出物は東山を覆う少量のテフラのみである。したがって、本報告で分析した西山火山噴出物にはその初期の噴出物を含んでおらず、西山の山体形成の開始からの1万年間、最初から東山火山とは異なる化学組成上の特徴を示したのか、また、恒常的にplagioclase controlが支配的であったのかは確かめることができなかった。ところが、その後の研究で、西山火山の初期の噴出物が特定できる可能性が出てきた。それは、1989年に西山火山の南麓でおこなわれた掘削深度1000mのボーリングコアの解析である（新エネルギー・産業技術総合開発機構，1993；石川，1994）。著者らはこのコア試料の一部提供を受け、岩相対比による地下構造の解明と化学分析をおこないつつあるが、その結果の一部は中野ほか（1993）に述べられている。それによると、この地点のコア試料では、玄武岩の化学組成が“東山”から“西山”に漸移するらしい。もしそれが事実とすれば、東山火山と西山火山のマグマ供給系が互いに影響を及ぼしていただけでなく、マグマそのものも独立に形成されたのではない可能性も考えなければならない。

本報告では地表データの提示のみにとどめ、これ以上の議論は行わない。続報にてコア試料の分析結果を報告した上で、マグマ組成が“東山”から“西山”に移り変

わかることを明らかにし、八丈島のマグマ供給系についてさらに詳しく議論することにする。

#### 4. まとめ

八丈島の地表調査で得られた東山火山と西山火山噴出物の全岩化学組成の分析をおこなった結果、以下のことが明らかになった。

(1) 西山火山はSiO<sub>2</sub>が49.6-54.4%の玄武岩および少量の玄武岩質安山岩からなる。それに対し、東山火山はSiO<sub>2</sub>が47.6-74.0%の玄武岩から流紋岩までの広い組成幅を持つ。

(2) 東山火山と西山火山は化学組成上、明瞭に異なる。SiO<sub>2</sub>を基準にみると、東山の噴出物は西山よりもK, Rb, Baなどのインコンパティブル元素に乏しい。

(3) 西山では、斜長石の濃集によるplagioclase controlが全岩化学組成を支配する主たる要因である。それに対し、東山では、玄武岩から安山岩までは結晶分化作用により導かれ、plagioclase controlは認められない。デイサイト-流紋岩は、玄武岩-安山岩とは異なるマグマプロセスを経ている可能性が高く、結晶分別作用のみでは玄武岩から導くのは困難である。

謝辞：XRF分析装置の使用に当たっては、富樫茂子、巖谷敏光両氏にお世話になった。千葉大学理学部津久井雅志助教には、日頃から議論していただいている。記して感謝する。

#### 文 献

- Ando, A., Kamioka, H., Terashima, S. and Itoh, S. (1989) 1988 values for GSJ rock reference samples, "igneous rock series". *Geochem. Jour.*, **23**, 143-148.
- 荒川洋二・木股三善 (1992) 伊豆弧の第四紀火山岩中に包有される灰長石巨晶のSr同位体組成。日本火山学会1992年度秋季大会予稿集, 56.
- Arakawa, Y., Murakami, H., Kimata, M. and Shimoda, S. (1992) Strontium isotope compositions of anorthite and olivine phenocrysts in basaltic lavas and scorias of Miyakejima volcano, Japan. *Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.*, **87**, 226-239.
- 原田準平 (1924) 八丈富士産球状火山弾及其成因に就て。地質雑, **31**, 357-364.
- Harada, Z. (1924) Notes on some bombs from Hachijo-fuji, Hachijo Island, Province Idzu. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **3**, 199-203.
- 平田大二・山下浩之・谷口英嗣・菅香世子・西川 正・青池 寛・有馬 眞・鈴井正和 (1996) 八丈島東山火山の深層ボーリングコア岩相記載 伊豆-小笠原弧火山島の成長発達史を探る。日本火山学会1996年度秋季大会講演予稿集, 154.
- 石川潤一(1994) 地熱開発促進調査の地域レポート

- [32] 八丈島地域。地熱エネルギー, **19**, 53-64.
- Isshiki, N. (1958) Petrology of plutonic cognate ejecta from Nishi-yama volcano, Hachijo-jima, the Seven Izu Islands, Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **29**, 55-74.
- 一色直記 (1959) 5万分の1地質図幅「八丈島」及び同説明書。地質調査所, 58p.
- Isshiki, N. (1963) Petrology of Hachijo-jima Volcano Group, Seven Izu Islands, Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, sec. II*, **15**, 91-134.
- Kaneoka, I., Isshiki, N. and Zashu, S. (1970) K-Ar ages of the Izu-Bonin Islands. *Geochem. Jour.*, **4**, 53-60.
- 川辺禎久 (1991) 伊豆大島火山の岩石学的発達史。火山, **36**, 297-310.
- 小出良幸・平田大二・菅香世子・谷口英嗣 (1995) 伊豆・小笠原弧の地殻構造と地質発達史の解明にむけて (中間報告)。地学雑, **104**, 609-612.
- Matsuhisa, Y. (1979) Oxygen isotopic compositions of volcanic rocks from the East Japan island arcs and their bearing on petrogenesis. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **5**, 271-296.
- Nakamura, K. (1964) Volcano-stratigraphic study of Oshima Volcano, Izu. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, **42**, 649-728.
- 中野 俊・津久井雅志・星野希直・一色直記 (1993) 八丈島火山群の全岩化学組成-ボーリングコアが示す組成の時間変化-。地球惑星科学関連学会1993年合同大会予稿集, 306.
- Nakano, S. and Yamamoto, T. (1991) Chemical variations of magmas at Izu-Oshima volcano, Japan: Plagioclase-controlled and differentiated magmas. *Bull. Volcanol.*, **53**, 112-120.
- 中野 俊・山元孝広・一色直記 (1991) 八丈島, 西山火山噴出物の全岩化学組成。岩鉱, **86**, 72-81.
- Notsu, K., Isshiki, N. and Hirano, M. (1983) Comprehensive strontium isotope study of Quaternary volcanic rocks from the Izu-Ogasawara arc. *Geochem. Jour.*, **17**, 289-302.
- Onuma, N., Hirano, M. and Isshiki, N. (1983) Genesis of basalt magmas and their derivatives under the Izu Islands, Japan, inferred from Sr/Ca-Ba/Ca systematics. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.*, **18**, 511-529.
- Rhodes, J. M., Wenz, K. P., Neal, C. A., Sparks, J.W. and Lockwood, J.P. (1989) Geochemical evidence for invasion of Kilauea's plumbing system by Mauna Loa magma. *Nature*, **337**, 257-260.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1993) 八丈島。地熱開発促進調査報告書, no. 32, 1, 202p.
- 菅香世子 (1993) 過去1万年間の噴出物にみる八丈島

- 東山火山後期の活動と西山火山の成長。火山, **38**, 115-127.
- 菅香世子 (1994) 八丈島東山火山の活動史。火山, **39**, 13-24.
- Takada, A., Oshima, O., Aramaki, S., Ono, K., Yoshida, T. and Kajima, K. (1992) Geology of Aogashima Volcano, Izu Islands, Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **37**, 233-250.
- 津久井雅志 (1993) 八丈島東山火山・西山火山の噴火史。文部省科研費自然災害特別研究「火山災害の規模と特性」報告書, 79-86.
- 津久井雅志・森泉美穂子・鈴木将志 (1991) 八丈島東山火山の最近22,000年間の噴火史。火山, **36**, 345-356.
- 津久井雅志・鈴木将志・佐野綾子 (1993) 八丈島東山火山の最近30,000年間のマグマ供給系の変遷。火山, **38**, 199-212.
- Tsuya, H. (1937) On the volcanism of the Huzi volcanic zone, with special reference to the geology and petrology of Idu and the Southern Islands. *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **15**, 215-357.
- Ujiie, M. and Togashi, S. (1992) Determination of Rb, Sr, Y, Zr and Ba in igneous rocks using Sc/Mo tube., XRF ANALYTICAL REPORT 2/92, *Open-file Report of Geol. Surv. Japan*, no.183, 25p.
- Ujiie, M., Wakatsuki, S. and Togashi, S. (1993) Determination of Zn, Cu, Ni, Cr, V and Ti in igneous rocks using Sc/Mo tube by the Compton scattering calibration., XRF ANALYTICAL REPORT 1/93, *Open-file Report of Geol. Surv. Japan*, no.198, 26p.

(受付：平成8年12月3日；受理：9年2月5日)