

伊豆・小笠原弧海域の海底火山活動に伴って噴出した岩石と その付近に産出する火山岩の化学成分†

小坂文予¹・平林順一²・松田敏二¹・大島章一³・土出昌一⁴・加藤 茂⁴

CHEMICAL COMPOSITIONS OF ROCKS ERUPTED FROM SUBMARINE VOLCANOES AND OF VOLCANIC ROCKS OCCURRING IN ADJACENT AREAS IN THE IZU-OGASAWARA ARC†

Joyo Ossaka¹, Jun-ichi Hirabayashi², Koji Matsuda¹,
Shoichi Oshima³, Masakazu Tsuchide⁴ and Shigeru Kato⁴

Abstract

This paper reports chemical compositions and chemical characteristics of volcanic rocks erupted from submarine volcanoes in the Izu-Ogasawara arc (from Myozin Reef (Myojin Reef) to Hukuzin Seamount (Fukujin Seamount)).

SiO₂ content of the volcanic rocks ranges from 45 to 70 weight percent. The rocks from the north of Sohu Rock (Sofu Rock) are relatively poor in Na₂O, K₂O and P₂O₅, whereas most of the rocks from the south of Nisi-no-Sima (Nishinoshima) are enriched in these oxides. The alkaline rocks from Iō Sima (Iwojima), Hukutoku-Oka-no-Ba (Fukutokuoka-no-ba) and Minami-Hiyosi Seamount (Minami-Hiyoshi Seamount), which erupted recently, show the further enrichment in Na₂O and K₂O.

1 まえがき

伊豆七島から火山列島に至り、さらにマリアナ諸島に続くいわゆる南方諸島海域では、これまで多くの海底火山活動が記録されている (Fig. 1 ; 佐藤ほか, 1983 ; 岩淵, 1989)。しかし、それらの活動に伴う噴出物については、古いものでは1914年の南硫黄島北北東の海底噴火における脇水(1920)らの記載がある程度であったが、1952年の明神礁の噴火に際して噴出物の検討がなされて以後、同海域で活動したほとんどの海底火山の噴出岩の記載が行われてきている。それらのうち、明神礁から福神海山に至る海域の岩石についてこれまで発表されていなかった分析値をはじめとし、これに研究報告、会報等一般に入手困難な資料を加え、またこれと関連した同海域の火山並びにその周辺海域の底質岩石の化学分析値をも含めて雑誌「火山」2集35巻1号に報告する(小坂ほか, 1990)。しかし同誌には既発表の資料は掲載できないので、資料利用者の便も考え、それらの資料も含めてこれまで筆者らの入手し得たほとんどの資料をこのたび本報告に掲載することにした。これらの分析値はいずれも原岩のままのものであり、なかには産状も岩石学的記載や岩石化学的

† Received 30th January 1990

1 岡山大学理学部 Faculty of Science, Okayama University

2 東京工業大学草津白根火山観測所 Kusatsu-Shirane Volcano Observatory, Tokyo Institute of Technology

3 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division

4 企画課 Planning Division

検討も不十分なものもあるが、今回併せて報告する。

なお、同海域における近年の海底火山の活動状況等については、水路部研究報告に岩淵（1989）が、これを取りまとめているのでここでは省略する。

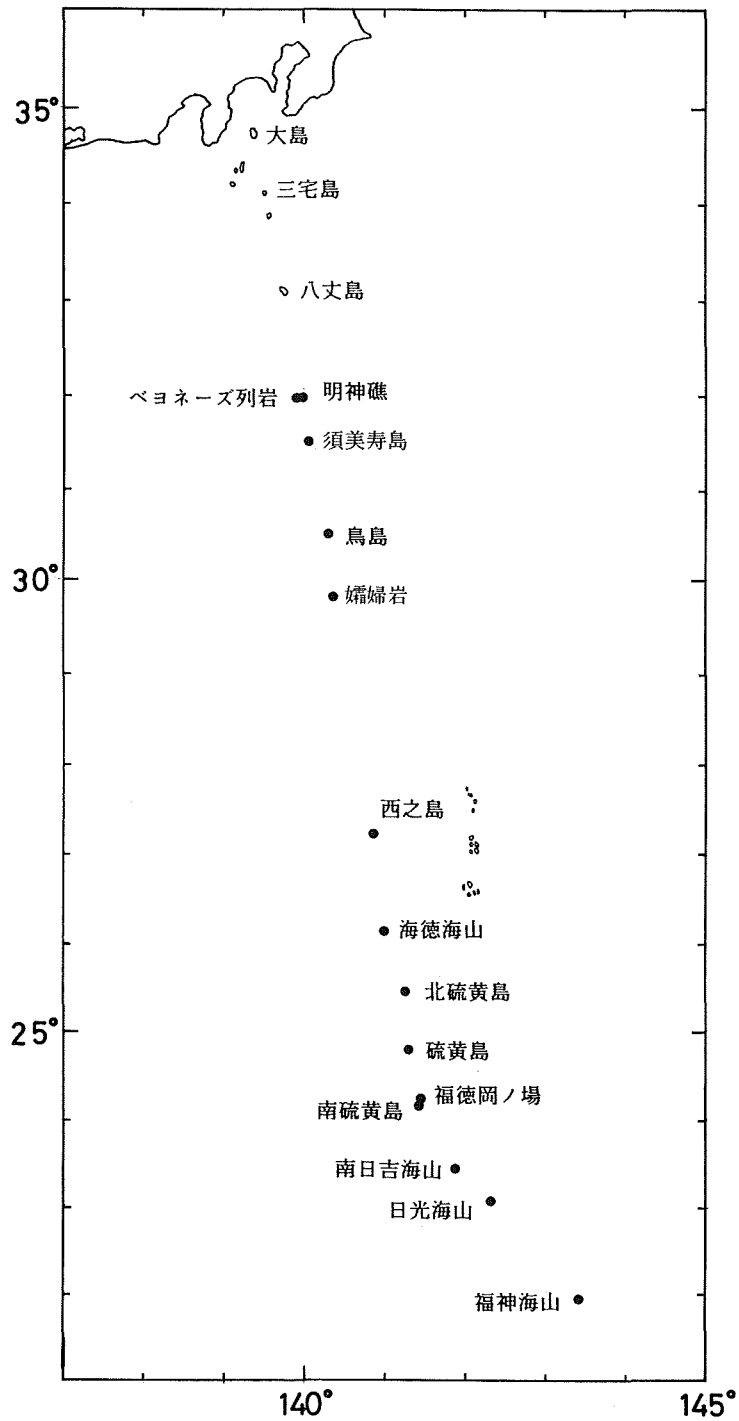


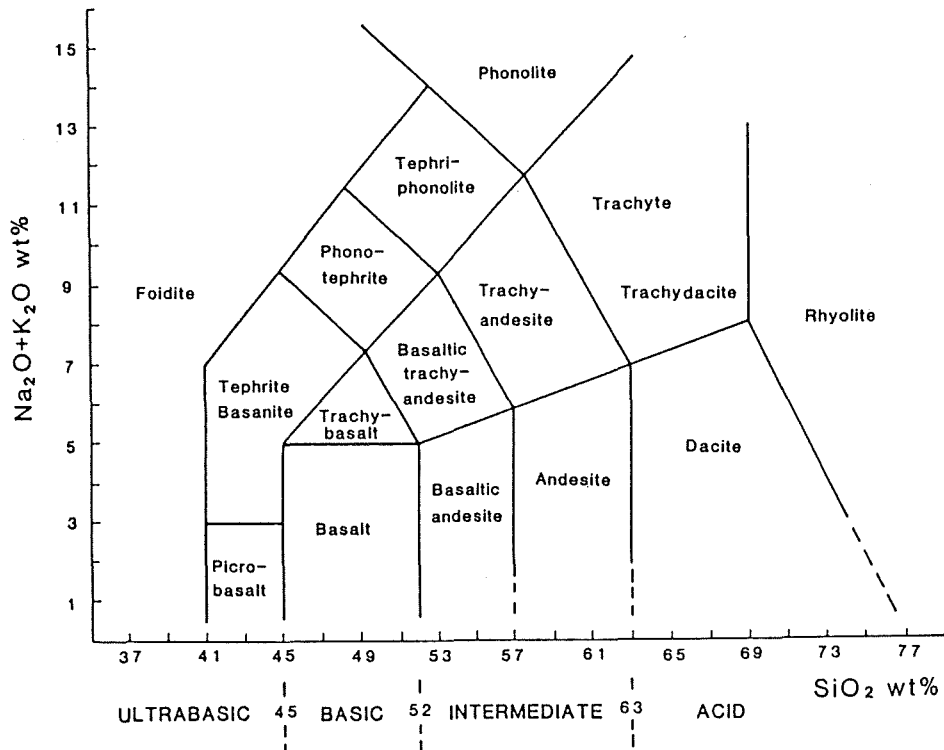
Figure 1. Map showing distribution of volcanoes in the Izu-Ogasawara arc

2 火山岩の化学組成

筆者らの行った化学分析はすべて通常の湿式珪酸塩分析法を用いた。即ち SiO_2 , R_2O_3 , MgO , $\text{H}_2\text{O}+$, $\text{H}_2\text{O}-$ は重量法, CaO , FeO は容量法, TiO_2 , Fe_2O_3 , MnO , P_2O_5 は比色法, Na_2O , K_2O は炎光法, Al_2O_3 は R_2O_3 からの差引により求めた。同海域に産出した火山岩の化学組成について、筆者らが分析をしたものと、これまでに入手した分析値をTable 1に示す。その際、可能なものについては原典における校正ミス等を修正した。またTable 2にはそれらの岩石の産地、噴出年、採取地点、岩石名、分析法、記載文献等を示した。なお原典に岩石名の記載のないものについてはFig. 2-1に示すLe Bas et al. (1986)による火山岩の化学的分類の図にもとづいて分類、命名したものである (Fig. 2-2)。分析値が多く、また岩石の産出する地域差について議論するためにも以下のすべての図に於いてaは孀婦岩以北の岩石、bは西之島以南の岩石に分けてある。

3 化学成分の検討

上記の明神礁から福神海山に至る海域の海底火山並びにその付近の火山岩の分析値から TiO_2 , Al_2O_3 , FeO としての全鉄, MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 と SiO_2 との相関図をFig. 3に示した。またAMF三分図をFig. 4に示した。図に用いたすべての値は水分($\text{H}_2\text{O}+$, $\text{H}_2\text{O}-$)を除いて100%に再計算した後プロットした。なおClを含むものについては Na_2O の補正を施してある。



Le Bas et al. (1986)

Figure 2-1. Chemical classification of volcanic rocks by Le Bas et al. (1986)

この海域に産出する岩石は、きわめて広い範囲の組成変化を示し、 SiO_2 が約45wt%の塩基性岩から約70wt%の酸性岩にまで及ぶ。以下ではFig. 3に従って各成分の特徴について述べる。

TiO_2

多くの岩石は0.5~1.0wt%の範囲に入る。全体としては孀婦岩以北の岩石の方がやや低くなっているが、ペヨネース列岩の海底の岩石には0.5wt%以下から1.0wt%以上のものまでが含まれやや特異である。西之島以南では、福徳岡ノ場の岩石が明らかに低い含有量を示しており、また西之島の岩石も海底のものと同陸上のものとは明瞭な差異がある。

Al_2O_3

全体的に SiO_2 含有量が増加するとともに減少する傾向を示す。ペヨネース列岩および南硫黄島の岩石は SiO_2 含有量の変化が小さいにもかかわらず Al_2O_3 の変化が大きい。また、孀婦岩の岩石は SiO_2 含有量のほぼ等しい他の岩石よりもかなり低い値を示す。

FeOとしての全鉄

Al_2O_3 と同様に SiO_2 含有量の増加とともに減少する傾向を示す。やはりペヨネース列岩および南硫黄島の岩石は変化が大きい。 Al_2O_3 を含めたこれらのバラツキは、含有される斑晶鉱物の量比の差異が主な原因と考えられる。全体の中では硫黄島および福徳岡ノ場の岩石が他に比べやや低い含有量を示す。

MnO

全体としては約0.2wt%程度に集中している。孀婦岩以北の岩石は SiO_2 含有量の増加とともにやや減少する傾向を示すが、西之島以南の岩石ではそれは明瞭ではなく、硫黄島の岩石は他に比べやや高い含有量を持つ。

MgO

SiO_2 含有量の増加とともに減少する傾向がある。 SiO_2 が50wt%程度では大きな差異はないが、 SiO_2 が55wt%以上では孀婦岩以北の岩石に比べ西之島以南の方がやや低い。さらに西之島以南の岩石の中でも、硫黄島および南日吉海山の岩石がより含有量の低い傾向を示している。

CaO

SiO_2 含有量の増加とともに明瞭な減少の傾向を示している。MgOと同様に、 SiO_2 含有量の高い岩石では孀婦岩以北の岩石に比べ西之島以南の方がやや低くなっている。西之島以南では硫黄島、南日吉海山、福徳岡ノ場の岩石が他の岩石に比べ低い傾向を示す。

Na_2O

SiO_2 含有量の増加とともに増加の傾向を示す。孀婦岩以北の岩石は、ペヨネース列岩の海底の岩石がわずかに高い以外はほぼ一連の変化を示す。西之島以南の岩石では変化が非常に大きく、全般に孀婦岩以北の岩石よりも高くなっている。北硫黄島や福神海山の岩石は孀婦岩以北とほぼ同程度であるのに対し、硫黄島の岩石は非常に含有量が高く6wt%以上にもなる。そして、西之島や福徳岡ノ場、南日吉海山の岩石は中程度の含有量を示すが、それらのうち西之島および南日吉海山の岩石の一部には低い含有量を示すものもありバラツキが大きくなっている。

K_2O

Na_2O と同様に孀婦岩以北と西之島以南では非常に大きな差異がある。孀婦岩以北では含有量は低く、 SiO_2 含有量の増加とともにわずかな増加を示すが、明神礁の岩石で SiO_2 が約70wt%のものでも1wt%以下にとどまっている。ただし、ペヨネース列岩の海底の岩石は若干高めである。西之島以南では西之島、海徳海山、

北硫黄島、日光海山の岩石は含有量が低い、婦婦岩以北のものよりわずかに高い。一方、硫黄島、福徳岡ノ場、南日吉海山の岩石は著しく含有量が高く、最高5 wt%程度にもなり、SiO₂含有量の増加とともに、増加する傾向を示す。ただし、南日吉海山の岩石については非常にバラツキが大きくなっている。

P₂O₅

P₂O₅についても婦婦岩以北と西之島以南で大きな差異が認められる。婦婦岩以北の岩石はその含有量が約0.2wt%以下で大きな変化はない。一方、西之島以南の岩石は、全般に婦婦岩以北よりも含有量が高く、硫黄島の岩石で最高約0.8wt%にもなる。そのほかでは、南硫黄島、南日吉海山の岩石が高い含有量を示し、全体としてK₂O含有量と比例した関係があるようにみえる。しかし、K₂O含有量の最も高い福徳岡ノ場の岩石はP₂O₅が比較的高くなく、硫黄島の岩石でもSiO₂含有量の増加とともに減少の傾向が認められ、これらの原因として燐灰石の結晶分別が予想される。

AMF図 (Fig. 4) 上においては全体にほぼ久野 (1965) の境界線 (伊豆箱根のビジョン輝石岩系と紫蘇輝石岩系の境界) に沿った変化傾向を示しており、婦婦岩以北と西之島以南の岩石の間に大差はない。ただし、ベヨネース列岩の岩石がやや全鉄に富み、福徳岡ノ場の岩石は全鉄に乏しい傾向が認められる。

以上の化学的性質について要約すると、この海域に産出する岩石は、その噴出する位置とに深い関連があることがわかる。湯浅 (1983) にも指摘しているように、特にアルカリ含有量の差異に特徴がある。すなわち婦婦岩以北の岩石はアルカリ含有量が低い、西之島以南の岩石はその含有量が高く、特に硫黄島、福徳岡ノ場、南日吉海山の岩石はアルカリに富み、それらはアルカリ岩に分類される。またそれらのアルカリ岩はP₂O₅含有量も高く、SiO₂の変化に伴うMgOやCaOの変化も他の火山の岩石の一連の変化経路とはやや異なるものとなっている。このような一連の島弧上に産出する岩石の化学的性質の差異は注目すべきことであり、さらに火山フロント上でありながらアルカリ岩が産出するという事実は特に興味あることである。

そのアルカリ岩が存在するのは硫黄島から南日吉海山にかけての海域に限られており、その南北ではすべて非アルカリ岩である。さらに以下の事実は、アルカリ岩の産出する原因が、噴出の位置だけでなく時期との間にも深い関連があることを示唆する。

- ① 西之島の岩石について、海底の岩石よりも1973、1974年の噴出物を含む陸上の岩石の方がアルカリ含有量に富み、TiO₂やP₂O₅含有量も後者の方が非常に高く両者の間には大きな差異がある。
- ② 南日吉海山の岩石は組成のバラツキが大きく、アルカリ岩と非アルカリ岩の両方が産出する。それらは同一のマグマからの分化物とは考えにくく、また両者が同一時期の噴出物であるとは考えにくい。
- ③ 現在は活動の認められない南硫黄島および北硫黄島の岩石が比較的アルカリ含有量の乏しいものであるのに対し、それらの火山に隣接しているにもかかわらず、近年も活発な活動を続けている硫黄島、福徳岡ノ場、南日吉海山に産出する岩石は非常にアルカリ含有量の高いものである。

以上の事項から判明することはより新期に噴出した岩石ほどアルカリに富む傾向があり、しかもそれらは同一の親マグマからの分化物であるとは考えにくい。つまり、火山列島付近においてアルカリに富んだマグマが生成される環境は時間の変化 (おそらくはそれに伴うテクトニック場の変化) と密接な関係があると思われる。

付記：近年、この海域に産出する岩石についての関心が高まり、かなり詳細な研究が進められつつある (吉

田ほか, 1987; Stern et al., 1988; Bloomer et., 1989; Lin et al., 1989など)。特にSternらのグループは、大量のドレッジ試料の微量成分をも含めた分析値を基にアルカリ岩の成因についての考察を試みている。筆者らもこれまでこの海域において、海底火山活動のたびごとに、その噴出試料の採取・分析を行ってきており、この際本報告にそれらの結果もまとめて公表し、参考に供することが出来ればと考えた。

Table 1. (continued)

	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
SiO ₂	47.94	55.20	55.55	57.06	48.49	48.74	58.91	58.59	59.92	58.76	58.56
TiO ₂	0.72	0.69	1.30	1.10	0.76	1.02	0.82	0.74	0.88	0.80	0.78
Al ₂ O ₃	18.78	18.12	15.14	14.98	18.72	18.81	17.71	16.54	16.52	18.26	18.13
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	2.77	4.67	2.81	5.46	2.10	2.23	1.80
FeO	9.97	7.82	10.14	10.03	8.18	7.14	2.67	1.11	4.85	3.71	5.13
MnO	0.17	0.22	0.22	0.26	0.22	0.33	0.16	0.20	0.25	0.24	0.20
MgO	7.92	3.32	2.62	2.36	5.17	4.52	0.88	0.97	1.43	1.46	1.01
CaO	13.97	7.68	6.66	6.15	12.47	12.00	3.47	3.44	2.95	2.75	3.37
Na ₂ O	1.61	3.98	3.85	4.18	2.02	2.30	6.01	6.20	6.14	6.21	6.34
K ₂ O	0.16	0.65	1.03	1.15	0.33	0.27	3.94	3.69	4.08	3.91	3.61
P ₂ O ₅	0.08	0.07	0.17	0.18	0.05	0.04	0.49	0.37	0.39	0.46	0.46
H ₂ O+	-	-	-	-	0.38	0.34	0.34	*2.42	0.45	0.39	*0.43
H ₂ O-	-	-	-	-	0.60	-	0.30	-	0.05	0.10	-
Cl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	101.32	97.75	96.68	97.44	100.16	100.21 ¹⁾	100.23 ²⁾	100.40 ³⁾	100.01	99.28	100.02 ⁴⁾
Loss 0 for Cl											
Total											

Table 1. (continued)

	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
SiO ₂	58.45	58.83	59.60	58.14	58.01	57.68	58.48	60.55	58.71	56.89	54.57
TiO ₂	0.85	1.02	0.86	0.81	0.83	0.85	0.87	0.85	0.88	0.87	0.80
Al ₂ O ₃	18.05	18.09	16.81	18.01	18.42	18.44	17.22	17.29	16.80	16.94	18.92
Fe ₂ O ₃	3.20	1.57	0.83	1.85	2.00	2.81	2.87	2.72	2.11	2.49	3.57
FeO	3.83	5.23	5.87	4.47	4.28	3.80	3.84	3.22	4.20	4.12	3.05
MnO	0.10	0.30	0.26	0.24	0.25	0.25	0.24	0.19	0.24	0.25	0.24
MgO	1.12	1.07	1.34	1.24	1.47	1.44	1.44	1.12	1.33	1.45	2.22
CaO	3.53	3.12	3.10	2.88	2.90	3.06	2.51	3.22	3.06	3.50	4.79
Na ₂ O	6.19	5.96	6.11	6.14	5.76	6.09	6.67	5.37	6.24	5.89	5.70
K ₂ O	3.81	3.68	4.17	4.24	4.23	4.20	4.33	4.36	4.17	3.68	3.02
P ₂ O ₅	0.42	0.51	0.50	-	-	-	0.51	0.28	0.45	0.57	0.52
H ₂ O+	*0.27	*0.54	0.25	0.88	0.95	0.64	0.87	0.53	0.92	2.46	1.02
H ₂ O-	-	-	0.10	0.22	0.39	0.29	0.22	0.21	0.26	0.51	0.85
Cl	-	-	-	0.01	0.03	0.01	-	-	0.04	0.07	0.07
Total	100.00 ⁵⁾	100.13 ⁶⁾	99.80	99.13	99.52	99.56	100.07	99.91	99.46	99.69	99.34
Loss 0 for Cl				-	0.01	-			0.01	0.02	0.02
Total				99.13	99.51	99.56			99.45	99.67	99.32

Table 1. (continued)

	111	112	113	114	115
SiO ₂	52.15	54.87	53.11	52.69	55.40
TiO ₂	0.82	0.98	0.85	0.90	0.97
Al ₂ O ₃	20.13	18.44	18.71	20.82	18.50
Fe ₂ O ₃	2.05	2.09	-	-	-
FeO	6.35	7.57	9.56	8.32	7.96
MnO	0.15	0.19	0.17	0.14	0.15
MgO	4.55	3.26	4.10	3.25	3.24
CaO	10.23	7.78	9.41	11.27	8.83
Na ₂ O	2.51	3.03	2.48	2.22	2.64
K ₂ O	0.89	1.27	1.19	1.01	1.27
P ₂ O ₅	-	-	0.20	0.14	0.17
H ₂ O ⁺	*0.97	*1.15	-	-	-
H ₂ O ⁻	-	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-	-
Total	100.80	100.63	99.78	100.76	99.13
Loss 0 for Cl					
Total					

* : sum of H₂O[±]1) : (Ce, Y)₂O₃=0.004, ZrO₂=0.001, BaO=0.018, S=0.006

2) : S=1.72

3) : (Ce, Y)₂O₃=0.007, ZrO₂=0.005, BaO=0.129, S=0.5274) : (Ce, Y)₂O₃=0.001, ZrO₂=0.010, BaO=0.130, S=0.0545) : (Ce, Y)₂O₃=0.003, ZrO₂=0.009, BaO=0.127, S=0.0436) : (Ce, Y)₂O₃=0.005, ZrO₂=0.013, BaO=0.133, S=0.060

Table 2. Explanations of rock samples

番号	噴出年	採取地点	岩石名	分析法	文献
明神礁					
1	1952	海上	複輝石石英英安山岩	A	森本(1954)
2	"	"	(石英安山岩)	A	森本・小坂(1970)
3	"	"	複輝石石英英安山岩	A	森本(1954)
4	"	"	複輝石中性長石石英英安山岩	A	"
5	1953	"	(石英安山岩)	A	"
6	1960	"	複輝石英安山岩	A	新野ほか(1960)
7	"	"	安山岩	A	"
8	1970	"	両輝石英安山岩	A	森本・小坂(1970)
9	1952	"	普通輝石紫蘇輝石石英安山岩	A	諏訪(1953)
10	"	"	両輝石英安山岩	A	Hamaguchi and Tatsumoto(1953)
ベヨネース列岩					
11			斜方輝石普通輝石斜長石玄武岩	A	Morimoto et al.(1955)
12*		31° 59.5' N 139° 51.0' E	ほぼ無斑晶質のガラスかんらん石玄武岩	B	本多・北野(1974)
13*		"	"	B	"
14*		"	"	B	"
15*		"	"	B	"
16*		"	"	B	"
17*		"	細粒かんらん石玄武岩	B	"
18*		"	紫蘇輝石含有斜長石玄武岩	B	"
19*		"	粗粒かんらん石玄武岩	B	"
20*		"	ほぼ無斑晶質のかんらん石玄武岩	B	"
21*		"	斜長石玄武岩	B	"
須美寿島					
22*			(玄武岩)	A	小坂ほか(1985a)
鳥島					
23		兵庫湾	普通輝石かんらん石玄武岩	A	Tsuya(1937)
24	1939	中央火口丘	普通輝石紫蘇輝石玄武岩質安山岩	A	田中館(1940)
25		南西海岸	普通輝石かんらん石玄武岩	A	Kuno(1962)
26		火砕丘の北西麓	紫蘇輝石普通輝石安山岩	A	"
27		船見岬	紫蘇輝石含有普通輝石かんらん石玄武岩	A	"
28		子持山	無斑晶質玄武岩	A	"
29		南海岸	紫蘇輝石含有普通輝石かんらん石玄武岩	A	"
30	1939		かんらん石紫蘇輝石普通輝石安山岩	A	"
霧島岩					
31			(玄武岩)	A	小坂(1973)

Table 2. (continued)

番号	噴出年	採取地点	岩石名	分析法	文献
西之島					
32		旧島溶岩流上層	(安山岩)	A	小坂(1974)
33		" 中層	(")	A	"
34		" 下層	(")	A	"
35	1973	西側噴石丘	複輝石安山岩	A	小坂ほか(1974)
36	"	東側火口の西側	"	A	"
37	"	東西噴石丘の中間	"	A	"
38	1974	新島南東海上	"	A	"
39*			(玄武岩質安山岩)	C	Bloomer et al.(1989)
40*			(")	C	"
41*			(")	C	"
42*			(安山岩)	C	"
海徳海山					
43	1984		石英安山岩	A	小坂ほか(1985a)
44*		26° 17.2' N 140° 59.6' E	(玄武岩)	A	"
45*			(")	C	Bloomer et al.(1989)
46*			(玄武岩質安山岩)	C	"
47*			(安山岩)	C	"
48*			(")	C	"
北硫黄島					
49		北東海岸	かん石輝石灰長石玄武岩	A	津屋(1936)
50		"	(玄武岩)	A	岩崎(1937)
硫黄島					
51		摺鉢山	かん石普通輝石中性長石粗面安山岩	A	津屋(1936)
52		"	普通輝石かん石粗面安山岩	A	岩崎(1937)
53		"	(粗面岩)	D	吉田ほか(1987)
54		" 南西海岸	(")	A	小坂ほか(1990)
55		元山北東海岸	かん石普通輝石粗面安山岩	A	岩崎(1937)
56		元山	"	A	"
57		"	ハリ質かん石普通輝石粗面安山岩	A	"
58		"	かん石普通輝石中性長石粗面安山岩	A	津屋(1936)
59		元山漂流木海岸	かん石単斜輝石粗面安山岩	A	小坂ほか(1985b)
60		" 為八海岸	"	A	"
61		" 金剛岩付近	"	A	"
62		" 飛行場跡付近	(粗面安山岩)	A	小坂ほか(1990)
63			普通輝石閃長岩	A	本間(1925)
64		元山ホ-リクア 32m	(粗面岩)	A	小坂ほか(1985b)
65		" 115m	(粗面安山岩)	A	"
66		" 146m	(")	A	"
67		監獄岩	(")	A	"

Table 2. (continued)

番号	噴出年	採取地点	岩石名	分析法	文献
硫黄島					
68		東岩	(粗面安山岩)	A	小坂ほか(1985b)
69*		海勢南之場	(")	A	"
70*		"	(")	A	"
71*		海底北斜面	(")	A	"
72*		海底東斜面	(")	A	"
73*		"	(")	A	"
福徳岡ノ場					
74	1914		カラ石輝石安山岩	A	脇水(1920)
75			普通輝石カラ石粗面安山岩	A	福山(1983)
76	1986	海上	(粗面岩)	A	小坂ほか(1986)
77	"	"	(")	A	"
78	"	"	(")	D	吉田ほか(1987)
79	"	小笠原母島沖港	(")	D	"
80	"	沖繩西表島	(")	D	"
81	"	愛媛県宇和海鹿島瀬戸	(")	D	"
82	"	串本	(")	D	"
83	"	渡嘉敷島	カラ石単斜輝石含有粗面岩	D	加藤(1988)
84	"	"	"	D	"
85	"	沖繩島南部	"	D	"
86	"	海上	"	D	"
87	"	"	(粗面岩)	A	小坂ほか(1990)
88	"	沖之島島	(")	A	"
南硫黄島					
89			(玄武岩)	A	小坂ほか(1990)
90			(")	A	福山(1983)
91		北岸	普通輝石カラ石玄武岩	A	湯浅・玉木(1982)
92		"	"	A	"
93			(玄武岩)	A	福山(1983)
94			(")	A	"
95			(")	A	"
96			(")	A	"
南日吉海山					
97*			(玄武岩質安山岩)	A	小坂ほか(1990)
98*			(粗面岩)	A	"
99*			(玄武岩質粗面安山岩)	A	"
100*			(")	C	Bloomer et al.(1989)
101*			(")	C	"
102*			(粗面安山岩)	C	"
103*			(玄武岩質安山岩)	C	"
104*			(粗面安山岩)	C	"

Table 2. (continued)

番号	噴出年	採取地点	岩石名	分析法	文献
日光海山					
105*			(玄武岩)	C	Bloomer et al.(1989)
106*			(")	C	"
107*			(")	C	"
108*			(")	C	"
109*			(")	C	"
110*			(石英安山岩)	C	"
福神海山					
111*		21° 55.9' N 143° 24.4' E	(玄武岩質安山岩)	A	小坂ほか(1990)
112*		21° 53.1' N 143° 25.6' E	(")	A	"
113*			(")	C	Bloomer et al.(1989)
114*			(")	C	"
115*			(")	C	"

Rock names in parenthese are determined by chemical classification based on the total alkali-silica diagram (Le Bas et al., 1986 ; Fig. 2-1)

* : dredged rocks, A : wet analysis, B : wet analysis (Ion-exchange separation), C : ICP emission spectrochemical analysis, D : X-ray fluoescence analysis.

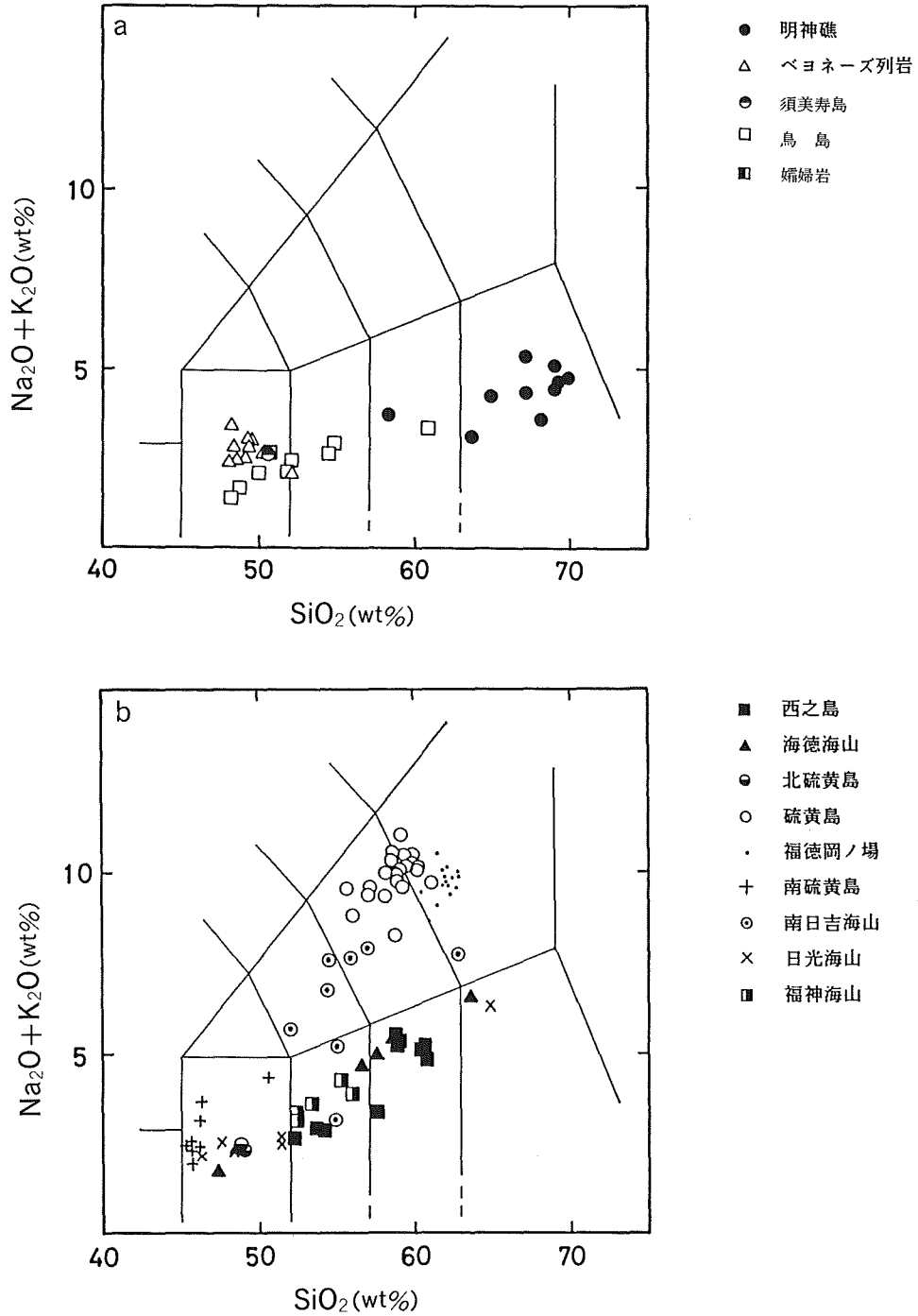


Figure 2-2. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ diagram

Na_2O correction was made for analyses including Cl value. All composition was recalculated to anhydrous. Field boundaries are after Le Bas et al. (1986). Sohu Rock is plotted on the same position as Sumisu Sima. a : the north of Sohu Rock, b : the south of Nisi-no-Sima.

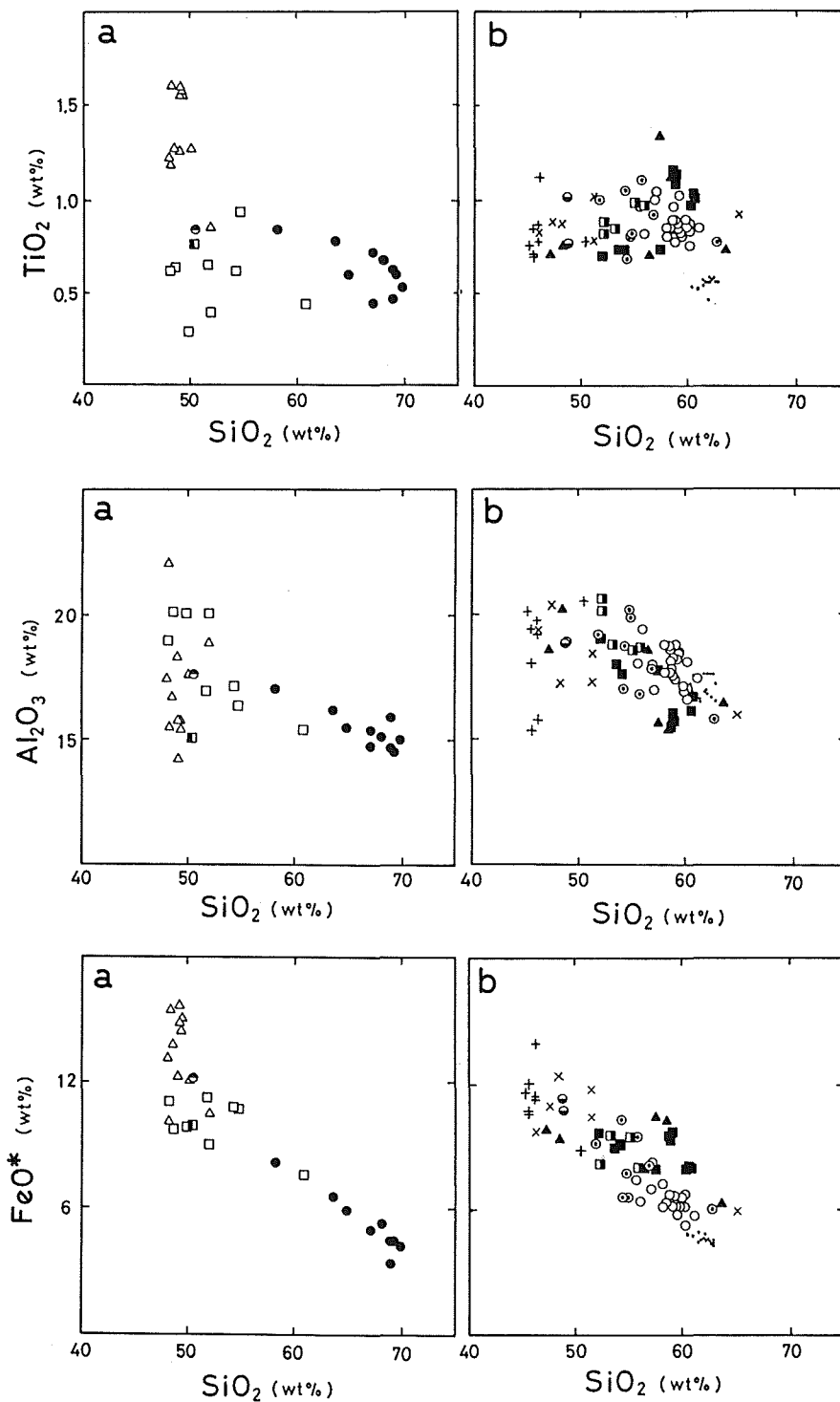


Figure 3. Variation diagram

Na₂O correction was made for analyses including Cl value. All composition was recalculated to anhydrous. Symbols are the same as in Fig. 2-2. * : total iron as FeO

a : the north of Sohu Rock, b : the south of Nisi-no-Sima.

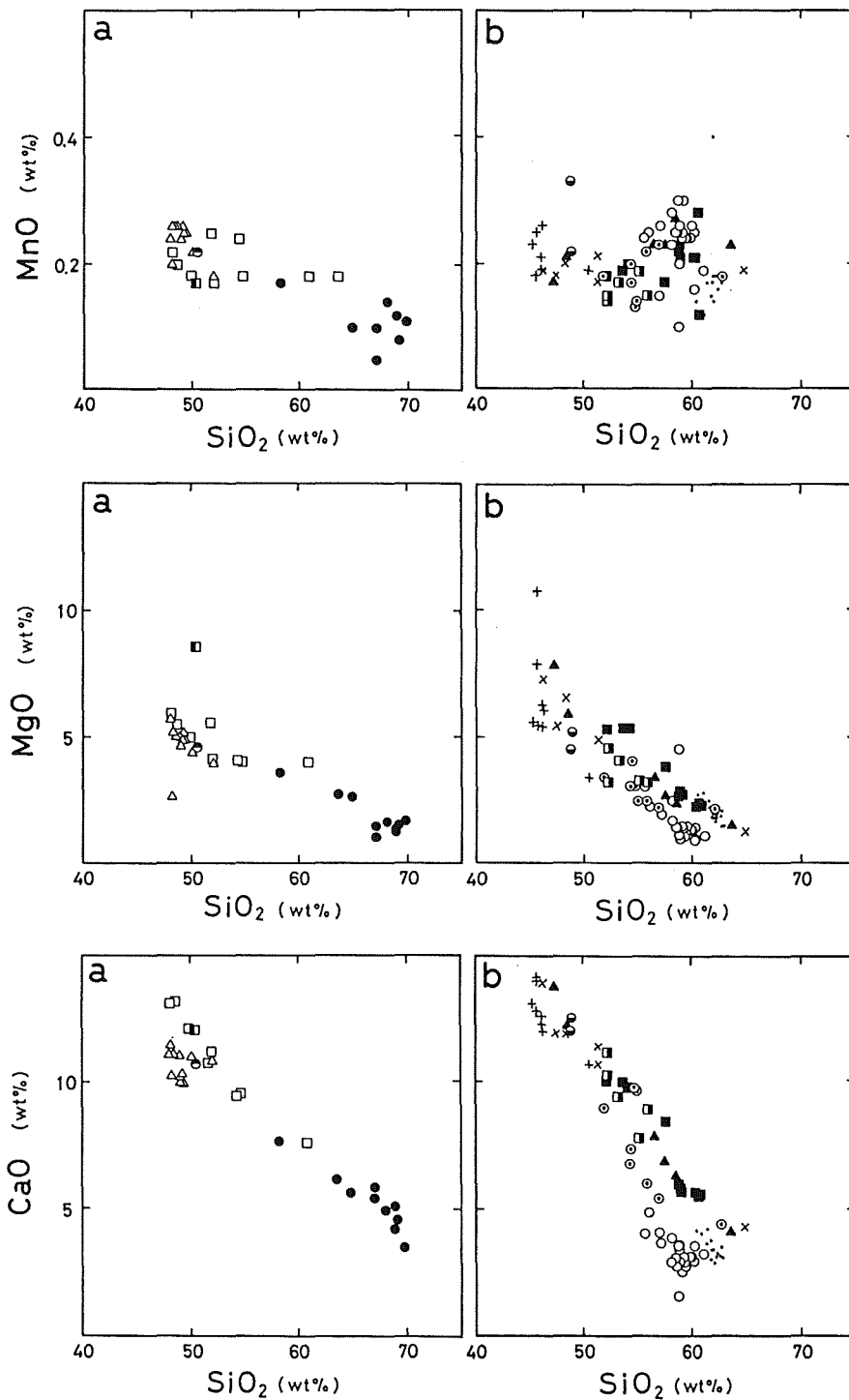


Figure 3. (continued)

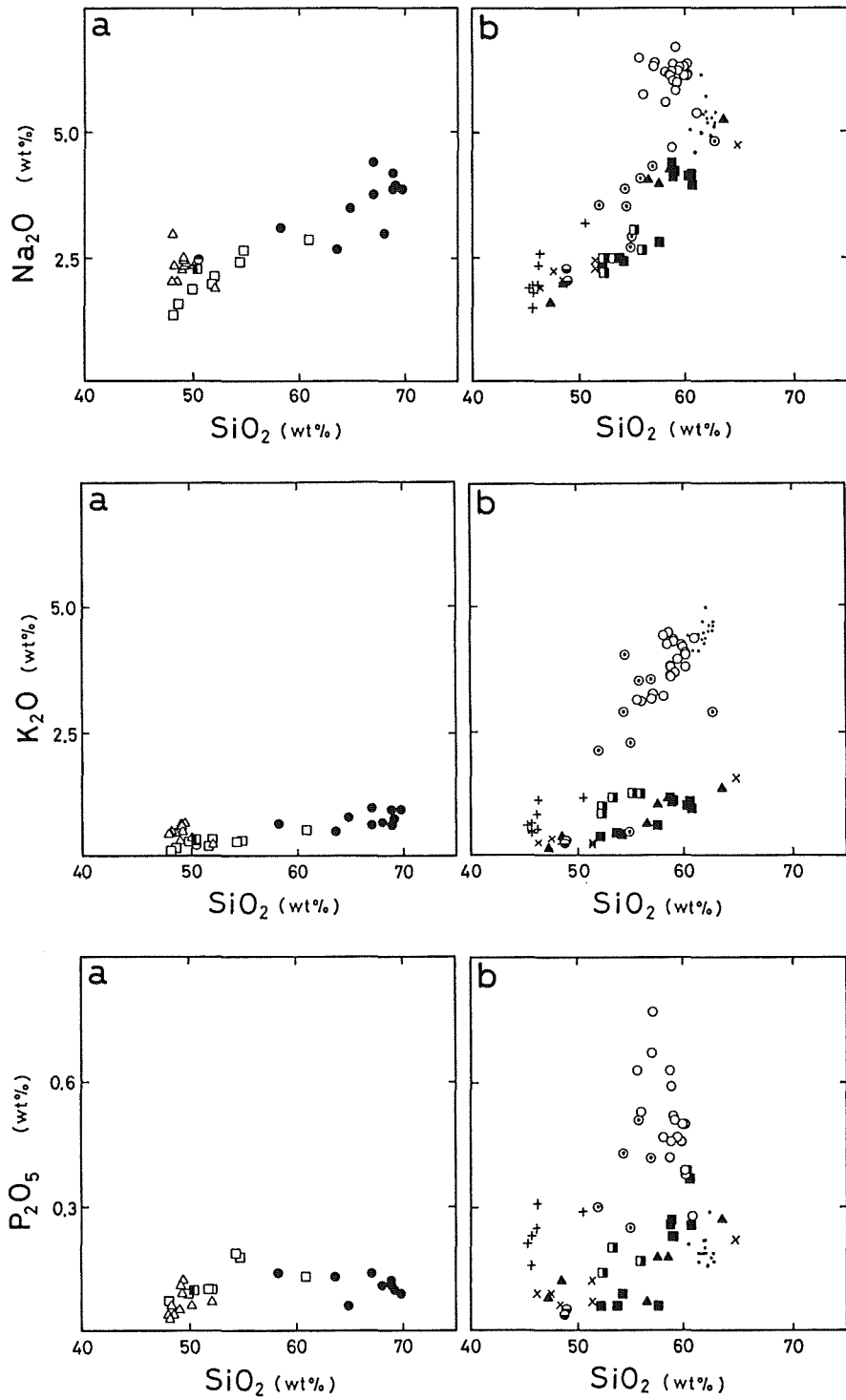


Figure 3. (continued)

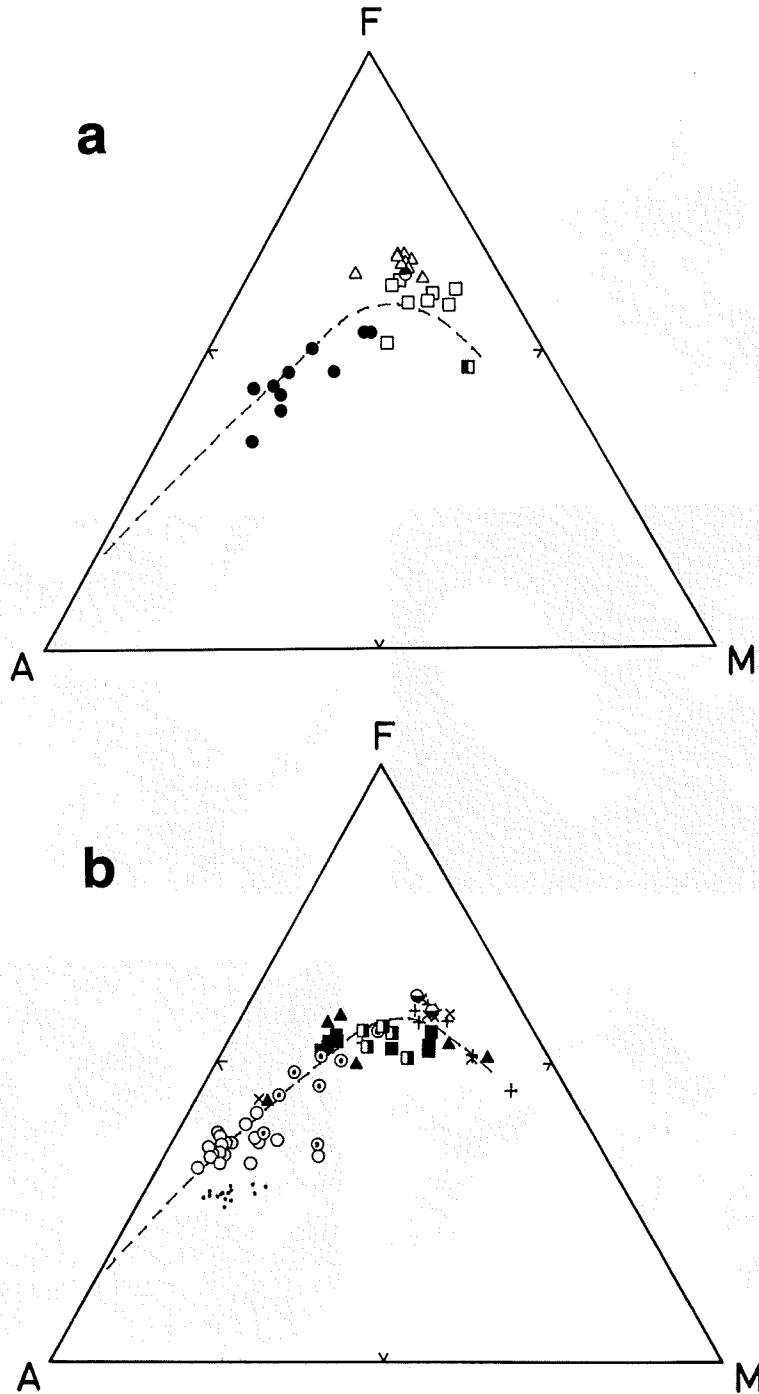


Figure 4. AMF diagram

Na₂O correction was made for analyses including Cl value. Symbols are the same as in Fig. 2-2. Broken line is the dividing line of pigeonitic and hypersthentic rock series for the Quaternary aphyric rocks of Izu-Hakone region (after Kuno, 1965)

a : the north of Sohu Rock, b : the south of Nisi-no-Sima.

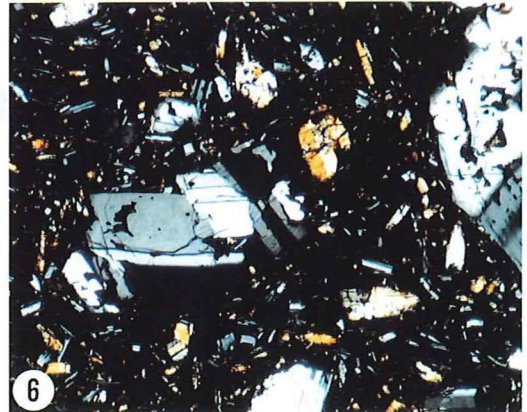
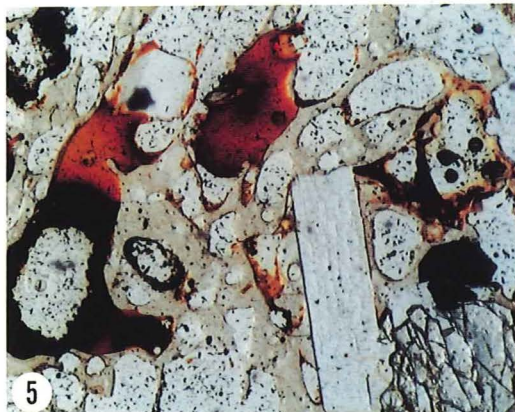
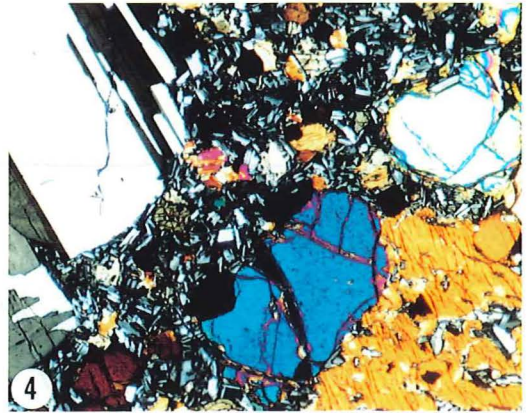
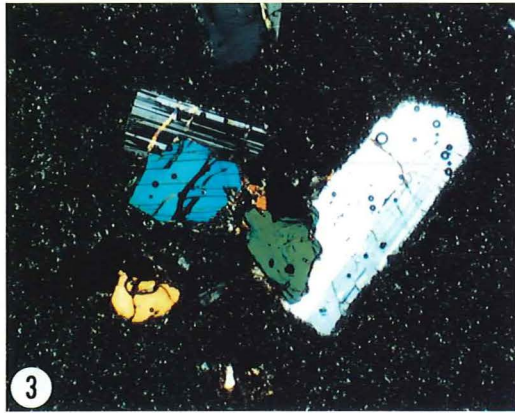
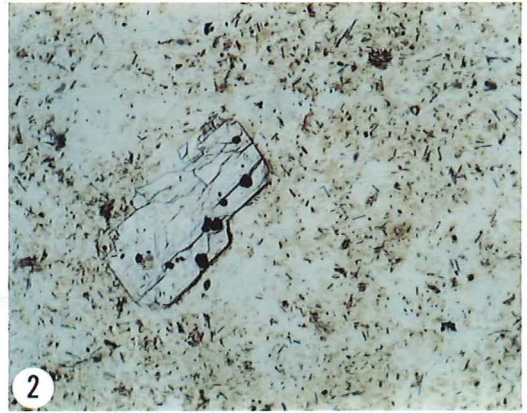
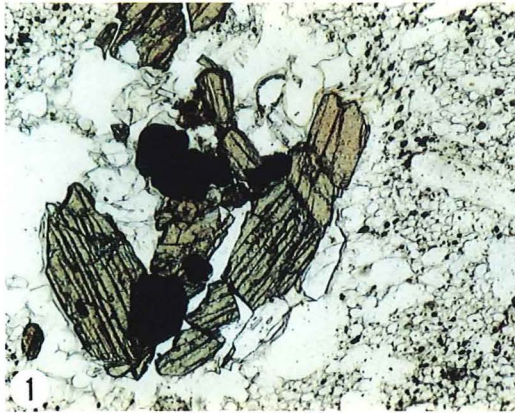


Photo 1. Thin-section photomicrographs

- 1 : Dacite pumice erupted from Myozin Reef (Myojin Reef) in 1952
- 2 : Dacite pumice erupted from Kaitoku Seamount in 1984
- 3 : Trachyandesite lava of Iō Sima (Iwojima)
- 4 : Basalt lava of Minami-Iō Sima (Minami-Iwojima)
- 5 : Trachyte pumice erupted from Hukutoku-Oka-no-Ba (Fukutokuoka-no-ba) in 1986
- 6 : Basaltic andesite lava of Hukuzin Seamount (Fukujin Seamount)



Photo 2. Photographs of volcanoes and their activities in the Izu-Ogasawara arc

1 : Myozin Reef (Myojin Reef), 2 : Beyonesu Rocks (Bayonnaise Rocks), 3 : Sumisu Rock (Smith Rock), 4 : Sohu Rock (Sofu Rock), 5 : Nisi-no-Sima (Nishinoshima), 6 : Kaitoku Seamount, 7 : Hukutoku-Oka-no-Ba (Fukutokuoka-no-ba), 8 : Minami-Hiyosi Seamount (Minami-Hiyoshi Seamount)

参 考 文 献

- Bloomer, S.H., Stern, R.J., Fisk, E. and Geschwind, C.H. (1989) Shoshonitic volcanism in the Northern Mariana arc, 1. Mineralogic and major and trace element characteristics. *J. Geophys. Res.*, 94, P.4469—4496.
- 福山博之 (1983) 火山列島, 南硫黄火山の地質. *地学雑*, 92, P.55—67.
- Hamaguchi, H. and Tatsumoto, M. (1953) Chemical investigation on the sea water and the pumice stone. *Jour. Tokyo Univ. Fisher.*, 40, P.20—21.
- 本多俊克・北野国典 (1974) ベヨネース列岩北西海底斜面より採取された玄武岩質およびハンレイ岩質岩片について. *地質雑*, 80, P.149—163.
- 本間不二男 (1925) 硫黄島地質見聞記. *地球*, 4, P.290—309.
- 岩淵義郎 (1989) 水路部の火山噴火予知計画. *水路部研究報告*, 25, P.1—72.
- 岩崎岩次 (1937) 本邦火山の地球化学的研究 (其十) 火山列島硫黄島及び北硫黄島の溶岩の化学組成. *日本化学会誌*, 58, P.1269—1279.
- 加藤祐三 (1988) 福徳岡の場から琉球列島に漂着した灰色軽石. *火山*, 33, P.21—30.
- Kuno, H. (1962) Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara fields Part XI, Japan, Taiwan and Marianas., International Association of Volcanology, Rome. 256P.
- 久野 久 (1965) カルクアルカリ岩系に関する問題点. *岩鉱*, 53, P.131—142.
- Le Bas, M.J., Le Maitre, R.W., Streckeisen, A. and Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks based on total alkali-silica diagram. *Jour. Petrol.*, 27, P.745—750.
- Lin, P.N., Stern, R.J. and Bloomer, S.H. (1989) Shoshonitic volcanism in the Northern Mariana arc, 2. Large lithophile and rare earth element abundances: Evidence for the source of incompatible element enrichments in intraoceanic arcs. *J. Geophys. Res.*, 94, P.4497—4514.
- 森本良平 (1954) 1952—1953年の明神礁の活動経過と第五海洋丸の遭難, 特に第五海洋丸の漂流物に見られた火山岩片について. *東京教育大学理学部地質学鉱物学教室研究報告*, 3, P.5—14.
- Morimoto, R., Fisher, R.L. and Nasu, N. (1955) Bathymetry and petrography of the Bayonnaise Rocks, Japan. *Proc. Jap. Acad.*, 31, P.637—641.
- 森本良平・小坂丈子 (1970) 明神礁最近の活動について. *地学雑*, 79, P.301—320.
- 新野 弘・森本良平・小坂丈子 (1960) 明神礁1960年7月21日の噴出岩石. *火山*, 5, 134p. (演旨)
- 小坂丈子 (1973) 西之島付近海底噴火について. *火山*, 18, P.97—98.
- 小坂丈子 (1974) 小笠原西之島火山の活動とその経過. *地学雑*, 83, P.125—133.
- 小坂丈子・平林順一・近藤 忠・土出昌一 (1985a) 南方諸島ならびに同海域海底火山の岩石の化学成分について (続). *火山*, 30, 99p. (演旨)
- 小坂丈子・光野千春・柴田次夫・松田敏彦・平林順一・桜井 操・佐藤寛和 (1986) 福徳岡之場1986年の火山活動について—その2 噴出物—. *火山*, 31, P.133—134. (演旨)
- 小坂丈子・大平洋子・湊 一郎 (1974) 西之島付近海底噴火について (その3). *火山*, 19, P.37—38.
- 小坂丈子・小沢竹二郎・松尾禎士・平林順一・大隅多加志 (1985b) 硫黄島における地球化学的研究. *地学雑*, 94, P.551—563.
- 小坂丈子・松田敏二・平林順一・土出昌一 (1990) 南方諸島海域の海底火山活動に伴って噴出した岩石の化学成分. *火山*, 35, 印刷中.
- 佐藤孫七・小坂丈子・加藤 茂 (1983) 南方海域海底火山の活動記録. 関東地区災害科学資料センター資料 (その16).
- Stern, R.J., Bloomer, S.H., Lin, P.N., Ito, E. and Morris, J. (1988) Shoshonitic magmas in nascent arcs: New evidence from submarine volcanoes in the northern Marianas. *Geology*, 16, p.426—430.

- 諏訪 彰 (1953) 明神礁の海底噴火について. 地学雑, 62, P.100—110.
- 田中館秀三 (1940) 昭和14年来の鳥島の噴火概報. 地質雑, 47, P.387—403.
- 津屋弘達 (1936) 火山列島硫黄島に就いて. 火山, 3, P.28—52.
- Tsuya, H. (1937) On the volcanism of the Huzi Volcanic Zone, with special reference to the geology of Idu and the Southern Islands. Bull. Earthq. Res. Inst., Tokyo Imp.Univ., 15, P.215—357.
- 脇水鉄五郎 (1920) 大正三年噴出新硫黄島の消失の経路. 東洋学芸雑誌, 37, P.257—268.
- 吉田武義・藤原秀一・石井輝秋・青木謙一郎 (1987) 伊豆・小笠原弧, 福德岡の場海底火山の地球化学的研究. 東北大核理研報告, 20, P.202—215.
- 湯浅真人 (1983) 伊豆・小笠原弧の地学現象にみられる南北対立. 月刊地球, 5, P.459—463.
- 湯浅真人・玉木賢策 (1982) 火山列島, 南硫黄島の玄武岩. 地調月報, 33, p.531—540.