

## 1979～1980年噴出桜島火山灰の構成物質，性状および生成メカニズム

著者	大庭 昇，山本 温彦，富田 克利，大迫 暢光，井ノ上 幸造，中村 俊文
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要．地学・生物学
巻	14
ページ	1-19
別言語のタイトル	Constituent materials, nature and mechanism of formation of volcanic ashes erupted in 1979～1980 from Sakurajima Volcano, Japan
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10232/00003915">http://hdl.handle.net/10232/00003915</a>

## 1979～1980 年噴出桜島火山灰の構成物質, 性状および生成メカニズム

大庭 昇\*・山本 温彦\*・富田 克利\*  
大迫 暢光\*\*・井ノ上幸造\*・中村 俊文\*

(1981 年 8 月 5 日受理)

Constituent materials, nature and mechanism of formation of volcanic  
ashes erupted in 1979～1980 from Sakurajima Volcano, Japan

Noboru ŌBA\*, Masahiko YAMAMOTO\*, Katsutoshi TOMITA\*,  
Nobumitsu OHSAGO\*\*, Kōzō INOUE\*  
and Toshifumi NAKAMURA\*

### Abstract

Measurements of volumetric proportion and refractive index of constituent minerals, chemical analysis, observation of microstructure of ash-grains under the polarized microscope and the electron microscope, and X-ray powder diffraction and grain-size distribution analyses have been carried out for two volcanic ashes erupted in 1979 and one volcanic ash erupted in 1980 from Sakurajima Volcano, Kyushu, Japan.

Many evidences show that volcanic ashes erupted in 1979 are the "black ashes", which are analogous to the so-called "red ashes", those which were affected by heating and oxidation nearby the craters for a temporal period after the time when solidifying lavas, by which the summit craters had been buried, were explosively crushed by gas pressure which was accumulating within the vent.

### I. ま え が き

活発な噴煙活動を続けている桜島火山から放出される火山灰について、各種性状に関する観察・記録・測定・分析およびデータ解析を多面的多角的に長期にわたって継続実施してゆくことは、各種産業・社会生活環境にすでに発生した、またはこれから発生すると予想されるさまざまな悪影響の原因となるものを解明し、有効適切な対策を立ててゆく上で極めて重要であり、また、放出された火山灰の生成過程・メカニズム・噴出環境を明らかにし、マグマの挙動・成分的变化を追跡し、火山活動の盛衰消長を考察してゆく上で必要である。

本報では、前報（大庭ほか，1980，大庭ほか，1980a, b）に引き続き、1979～1980 年噴出桜島火山灰について、その物質構成・構成物質の性状および生成のメカニズムを明らかにする目

\* 鹿児島大学理学部地学教室 Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

\*\* 鹿児島大学理学部生物学教室 Department of Biology, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

的で、鉱物組成分析・光学試験・化学分析・X線回折・偏光顕微鏡観察・電子顕微鏡観察および粒度分布測定並びにこれらの実験から得られたデータの解析を行った。

この研究の過程で、研究費の一部を援助下さった鹿児島県桜島地域学術調査協議会に感謝する。

## II. この研究に用いられた火山灰試料

この研究に用いられた火山灰は、降雨時または降雨後に降下したもの、および他の物質の混入する恐れのある強風時に堆積したものなどを除き、雨の降らない降灰時または降灰後の、清浄と認められる環境下で堆積したもののみを筆者自身が直接採取し、スチロール試料瓶に密閉保存したものを使用した。

本報では、前記条件に適合する第1表に示す火山灰3試料について各種分析を行った。これらの試料の内、No. 80051101 については、一部の実験は終了したが、その他の実験は続行中である。また、No. 79083001 の火山灰は、化学組成上の著しい特徴から、既報で述べたように、“赤灰（あかはい）に近い黒灰（くろはい）”（大庭ほか, 1980a, b）としたものである。

Table 1. Volcanic ashes from Sakurajima Volcano used for this study

No.	Date of eruption	Color; name of ash	Locality	Weather	Coll.
80051101	May 11, 1980	Blackish grey; black ash	Ōba's house, Arata Kagoshima City	Fine, windless, 13:00	N. Ōba
79110801	Nov. 8, 1979	Dark grey tinged with red; black ash analogous to red ash	Faculty of Science, Kagoshima Univ.	Fine, windless, 10:00	N. Ōba
79083001	Aug. 30, 1979	"	"	Fine, gentle windy, 09:00	N. Ōba

## III. 桜島火山灰の鉱物組成分析およびその解析

### 1. 目的

桜島火山灰の物質構成を明らかにする目的で、鉱物組成分析を行った。

### 2. 試料の準備

火山灰試料は、そのままでは火山灰粒子の表面に超微粒子が付着または混在し、鏡下での識別が困難のため、水洗を兼ねてパンニングを実施した。

各試料をそれぞれ約4g採り、界面活性剤は使用せず、水で攪拌し、浮遊超微粒子と沈殿粒子とに分別した。浮遊超微粒子は、別の実験目的のため、他容器に移して放置し、超微粒子沈殿物として回収した。

各沈殿物を定温乾燥器で乾燥させ、スライドガラス上に分散せしめ、レークサイドセメント ( $N_D=1.54$ ) で固定し、カバーガラスで封じ、検鏡用薄片とし、石質岩片粒子を含む組成鉱物群および超微粒子群の観察に供した。

### 3. 鉱物組成分析

#### (1) 分析方法

ポイント・カウンティング法に準じ、各検鏡薄片試料について、顕微鏡の視野の中心を通過する各粒子ごとに鉱物種を鑑別し、左右前後に  $20\mu$  平行移動させ、各鉱物種ごとに計測値を積算し、試料 No. 79110801 については累計計測値 1,500 点、試料 No. 79083001 については 2,500 点について鉱物容量比 (%) を算出した。

#### (2) 分析結果

超微粒子を除く火山灰の主要組成鉱物の容量比を第 2 表に示す。

Table 2. Volume ratios (%) of constituent minerals of volcanic ashes from Sakurajima Volcano

No.	Ash	Measured range in grain size ( $\mu$ )	Pl	Hy	Au	Ol	Mt	M	TG	Coll.	Anal.	Ref.
79110801	Black ash*	250- 50	20.4	2.9	5.8	p	1.5	69.3	p	NO	KI	
79083001	Black ash*	250- 50	20.8	2.8	5.2	n	0.8	70.4	p	NO	TN	
78052301	Black ash	300-100	22.5	5.2	3.4	n	1.4	67.2	0.3	NO	KI	**
77052301	Black ash	200-100	21.2	5.5	4.9	n	3.7	64.7	p	NO	KI	**

\* Black ash analogous to the "red ash". \*\* Ōba and others (1980). Pl: Plagioclase. Hy: Hypersthene. Au: Augite. Ol: Olivine. Mt: Magnetite and opaque minerals. M: Matrix and volcanic glass. TG: Transparent volcanic glass. p: Present. n: Not present. KI: K. Inoue. NO: N. Ōba. TN: T. Nakamura.

この表から、新たに分析された 2 試料 No. 79110801 および 79083001 の火山灰は、主に火山ガラスを主とするマトリックス（石基破片粒子・石質岩片粒子）・斜長石・紫蘇輝石・普通輝石および磁鉄鉱からなることが分かる。この内、マトリックスは容量比で 69~70% を占める。また、斜長石は約 20%、紫蘇輝石は約 3%、普通輝石は約 5% を占める。

試料 No. 79110801 の火山灰中に極めて少量のカンラン石が認められる。また、1979 年噴出 2 試料火山灰中に極めて少量の透明火山ガラス粒子が認められる。比較のため、既報 1977~1978 年噴出火山灰組成鉱物容量比（大庭ほか、1980）を第 2 表に併記する。

### IV. 桜島火山灰組成鉱物の光学的測定およびその解析

#### 1. 目的

桜島火山灰組成鉱物が、噴出時期を異にすることによって光学的性質に違いがあるか、マグマから直接由来したものと既存放出物由来のものとをそれによって識別できるか、また、マグマ活動の盛衰を推定する手掛りとなり得るかを検討する目的で、紫蘇輝石・斜長石・マトリックス火山ガラスおよび褐色透明ガラスの屈折率を測定した。

#### 2. 試料の準備および測定方法

##### (1) 紫蘇輝石の最大屈折率の光学的測定

スライドガラス上に試料粒子を置き、分散させ、あらかじめ高屈折率測定器で検定された各種高屈折率液を滴下し、偏光顕微鏡下で、分散粒子中から紫蘇輝石を選び出し、屈折率を測定

した。これを同一試料中の多数の紫蘇輝石について繰り返し行い、最大屈折率 ( $\gamma$ ) を決定し、20°C における測定値となるように温度補正した。

### (2) 斜長石の最小屈折率の光学的測定

鏡下で、試料粒子中から斜長石を選び出し、低屈折率測定器で検定された各種低屈折率液を滴下し、同一試料中の多数の斜長石について屈折率を測定し、最小屈折率 ( $n_1$ ) を決定し、20°C 測定値に温度補正した。

### (3) マトリックス火山ガラス、マトリックス透明火山ガラスおよび褐色透明ガラスの屈折率の光学的測定

本報では、マトリックスの主体を構成する火山ガラスをマトリックス火山ガラスと呼び、その内透明なものをマトリックス透明火山ガラスと呼ぶ。後述するように、マトリックス火山ガラスおよびマトリックス透明火山ガラスには褐色を呈するものと白色を呈するものがある。前者を褐色マトリックス火山ガラス・褐色マトリックス透明火山ガラス、後者を白色マトリックス火山ガラス・白色マトリックス透明火山ガラスと呼ぶことにする。

前報で透明火山ガラス (大庭ほか, 1980) または褐色透明火山ガラス (大庭ほか, 1980a, b) と呼んだものは、褐色を呈するマトリックス火山ガラス (大庭ほか, 1980, 大庭ほか, 1980a, b) または本報で言う褐色マトリックス透明火山ガラスの名称と紛らわしいため、本報では、斑晶鉱物中に包有され、またはそれから分離したと判断されるものを褐色透明ガラスと改称する。

鏡下で、試料粒子中からマトリックス火山ガラスまたはマトリックス透明火山ガラスを選び出し、前記 (2) の場合と異なる各種低屈折率液を滴下し、同一試料中の多数のマトリックス火山ガラスまたはマトリックス透明火山ガラスについて最大-最小屈折率を決定し、20°C 測定値に温度補正した。褐色透明ガラスについても屈折率を測定した。

## 3. 屈折率測定結果

桜島火山灰中の紫蘇輝石・斜長石・マトリックス火山ガラスおよび褐色透明ガラスについて測定された屈折率を第3表に示す。比較のため、1977~1978年噴出火山灰中のそれらの屈折率を同表に併記する。

### (1) 紫蘇輝石

1979年噴出火山灰中の紫蘇輝石の最大屈折率 ( $\gamma$ ) は、1977~1978年噴出火山灰中の紫蘇輝石のそれに比べて、やや低い値が測定された。

Table 3. Refractive indices of constituent minerals

No.	Date of eruption	Locality	Ash	Hy ( $\gamma$ )
79110801	Nov. 8, 1979	Fac. of Science, Kagoshima Univ.	Black ash*	1.705
79083001	Aug. 30, 1979	"	Black ash*	1.700
78052301	May 23, 1978	"	Black ash	1.711
77052301	May 23, 1977	"	Black ash	1.711

\* Black ash analogous to the "red ash". \*\* Ōba and others (1980). Hy: volcanic glass. nm:

## (2) 斜長石

1979 年噴出火山灰中の斜長石の最小屈折率 ( $n_1$ ) は、1977～1978 年噴出火山灰中の斜長石のそれに比べて、やや高い値が測定され、かつ 2 種類の最小屈折率が測定された。

斜長石に 2 種類の最小屈折率が測定されたことは、i) 累帯構造をつくる斜長石の内核部と外郭部における成分差、または ii) 斑晶斜長石とマトリックス中の微晶斜長石における成分差、あるいは iii) 旧噴出火山灰と新期噴出火山灰の混在のいずれかに起因するものと考えられる。

後述の第 6 図 E および F に示される斜長石のように、内核部と外郭部との間で、それらの晶出過程について明らかな時間的空間的不連続が認められる事実は、上記 i) の可能性を支持する。

## (3) マトリックス火山ガラスおよび褐色透明ガラス

マトリックス粒子の大部分は、本来溶岩のマトリックス部分を構成していたと判断される火山ガラスからなり、通常多数の晶子を含んでいる (第 5 図 B・C, 第 6 図 A)。一方、斑晶鉱物中に包有され、それから分離したと判断される褐色透明ガラスも認められる。屈折率はこれらの両者について測定された。

マトリックス火山ガラスの屈折率には若干の幅があり、最大値と最小値が測定された。試料 No. 79083001 の最小屈折率は 1977～1978 年噴出 2 試料火山灰中のマトリックス火山ガラスの屈折率と一致する。また、きわめて少量観察される褐色透明ガラスの屈折率が、筆者の 1 人によって測定され、1.504 の値が得られた。

## V. 桜島火山灰の化学分析およびその解析

## 1. 目的

火山灰がマグマから直接由来したものか既存噴出物から由来したものであるかを判別するための手掛りになるものとして、また、マグマにおける成分的变化を追跡し、マグマ活動の盛衰考察に資するため、桜島火山灰の化学分析を行った。

## 2. 試料の準備および分析方法

## (1) 分析試料の準備

前記 II で指摘した諸条件に適合する純粋火山灰試料は、粒径  $250\mu$  以下の粒子集合体から

of volcanic ashes from Sakurajima Volcano

Pl ( $n_1$ )	MG			TG (N)	Measurement	Ref.
	((Nmax)	(Nmin)	(N)			
1.563 1.571	1.529	1.486		nm	YN	
1.567 1.571	1.534	1.525		1.504	KI	
1.557 1.559			1.524 1.524	<1.512 <1.512	KI KI	** **

Hypersthene. Pl: Plagioclase. MG: Matrix volcanic glass. TG: Transparent  
Not measured.

なるため、そのまま用いることとし、よく混合して均一とし、それぞれ約 2g を採り、高速振動ミルで全微粉粉碎し、化学分析に供した。

## (2) 分析方法・試料の調製および測定条件

桜島火山灰の化学分析には、原子吸光分析法・蛍光 X 線分析法および湿式重量分析法を併用して行った。

$\text{Al}_2\text{O}_3$ ・Total  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ・ $\text{MnO}$ ・ $\text{MgO}$ ・ $\text{CaO}$ ・ $\text{Na}_2\text{O}$  および  $\text{K}_2\text{O}$  の分析には原子吸光分析法を、 $\text{SiO}_2$  および  $\text{TiO}_2$  の分析には蛍光 X 線分析法または湿式重量分析法を適用し、また、 $\text{FeO} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ± および  $\text{P}_2\text{O}_5$  の分析には通常の湿式重量分析法を用いた。

### a) 原子吸光分析

過塩素酸-沸化水素酸分解し、塩酸酸性溶液とし、日立 170-30 型原子吸光分析装置を用い、各元素についてそれぞれ第 4 表に示す条件で測定し、検量線（標準曲線）から各元素の含有量 (ppm) を求め、これから酸化物含有量 (Wt. %) を算出した。

### b) 蛍光 X 線分析

理学電機ガイガー・フレックス自動記録式蛍光 X 線分析装置を用い、Si および Ti の二次 X 線回折強度を第 5 表に示す条件で測定し、二次 X 線回折強度-酸化物含有量検量線（標準曲線）から直接  $\text{SiO}_2$  および  $\text{TiO}_2$  含有量 (Wt. %) を決定した。

### c) 湿式重量分析

$\text{FeO}$  は過マンガン酸カリ容量法により、 $\text{H}_2\text{O}-$  は  $110^\circ\text{C}$  定温加熱、 $\text{H}_2\text{O}+$  は灼熱減量法により、また、 $\text{P}_2\text{O}_5$  はモリブデン酸アンモニウム溶液による比色法により分析を行った。

Table 4. Operating conditions for determination of elements by atomic absorption spectrophotometry

Element	Al	Fe	Mn	Mg	Ca	Na	K
Wavelength (Å)	3093	2483	2795	2852	4227	3302	7665
Lamp current (mA)	10	10	10	10	10	10	10
Pressure of acetylene (Kg/Cm <sup>2</sup> )	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Pressure of nitrous oxide (Kg/Cm <sup>2</sup> )	2.5	—	—	—	—	—	—
Pressure of air (Kg/Cm <sup>2</sup> )	—	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7

Table 5. Operating conditions for elements by x-ray fluorescence analysis

Element	Si	Ti
Target	Cr	Cr
KV-mA	30-15	30-15
Crystal	EDDT	LiF
Counting	Fixed time	Fixed time

## 3. 分析結果

1979 年噴出火山灰 2 試料の化学分析値を第 6 表に示す。比較のため、1977~1978 年噴出火山灰 2 試料の分析値を併記する。

これによれば、1977~1979 年噴出火山灰は、化学組成上、 $\text{SiO}_2$  59.5% 前後、 $\text{FeO}$  4.0~5.8

Table 6. Chemical analyses of volcanic ashes erupted in 1977-1979 from Sakurajima Volcano

No.	79110801	79083001	78052301	77052301	Methods
Date of eruption	Nov. 8, 1979	Aug. 30, 1979	May 23, 1978	May 23, 1977	
Ash	Black ash*	Black ash*	Black ash	Black ash	
Analyst	MY	MY	MY	MY	
SiO <sub>2</sub>	59.18(G)	59.85(XS)	59.68(XS)	59.28(XS)	XS, G
TiO <sub>2</sub>	0.71(C)	1.41(XS)	0.85(XS)	0.82(XS)	XS, C
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.95	16.91	17.51	16.92	AA
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.99	2.70	1.92	1.53	"
FeO	3.98	3.85	5.17	5.80	V
MnO	0.15	0.15	0.15	0.16	AA
MgO	2.76	2.72	2.88	2.89	"
CaO	6.59	5.63	6.14	6.37	"
Na <sub>2</sub> O	3.46	3.17	3.19	3.07	"
K <sub>2</sub> O	1.56	1.41	1.38	1.27	"
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.32	1.55	0.78	1.51	G
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.28	0.38	0.06	0.20	"
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.08	0.10	0.09	C
Total	100.04	99.81	99.81	99.91	

\* Black ash analogous to the "red ash". AA: Atomic absorption spectrophotometry. C: Colorimetry. G: Gravimetry. V: Volumetry. XS: X-ray fluorescence spectroscopy. MY: M. Yamamoto.

%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.5~3.0%, MgO 約 3%, CaO 約 6%, Na<sub>2</sub>O 約 3%, K<sub>2</sub>O 1.4% 前後その他からなる。

1979 年噴出火山灰 2 試料の分析値を 1977~1978 年噴出火山灰 2 試料のそれと比較すれば、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および FeO を除くその他の酸化物の含有量は大差がない。しかし、前者は後者に対し、明らかに Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> に富み、FeO に乏しい。この事実は、これらの火山灰が、既報の“赤灰に近い黒灰”（大庭ほか，1980a, b）であることを示しており、加熱され酸化作用の影響を受ける環境下にあったことを物語る。

## VI. 桜島火山灰の X 線回折およびその解析

### 1. 目的

複雑な多結晶体からなる桜島火山灰の X 線回折パターンに現われるピークの位置および強度を観測することにより、火山灰またはその源であるマグマの性状に関する経年的変化または急激な変化を継続追跡し、あるいはマグマから直接由来した火山灰と既存噴出火山灰との間の相違を明らかにし、また、火山灰の個性的相違や類似性を検討する目的で、火山灰の粉末法 X 線回折を行った。

### 2. X 線回折の方法と測定条件

X 線回折は、理学電機 KG-4 型、ガイガー・フレックス自動記録式 X 線回折装置を用い、30 KV, 15 mA の条件で X 線を発生させ、対陰極の使用波長に CuK $\alpha$  線を用い、Ni フィルター



使用, scanning speed 毎分  $2^\circ$ , chart speed 毎分 1 cm, slit に divergence slit  $1/2^\circ$ , scattering slit  $1/2^\circ$  を用い, ratemeter 1,000, time constant 2 の測定条件で, 粉末法によって行った。

### 3. 粉末法 X 線回折パターンの解析

桜島火山灰試料 No. 80051101, 79110801 および 79083001 について行った粉末法 X 線回折パターンを第 1 図に示す。比較のため, 1977~1978 年噴出火山灰の X 線回折パターンを第 2 図に示す。

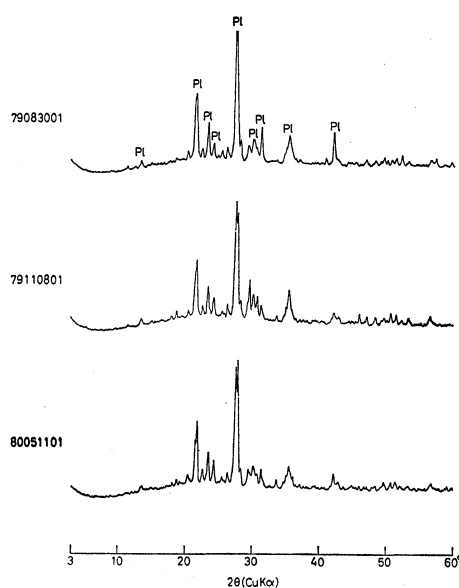


Fig. 1.

Fig. 1. X-ray powder diffraction patterns for volcanic ashes erupted in 1979~1980 from Sakurajima Volcano. Pl: Plagioclase.

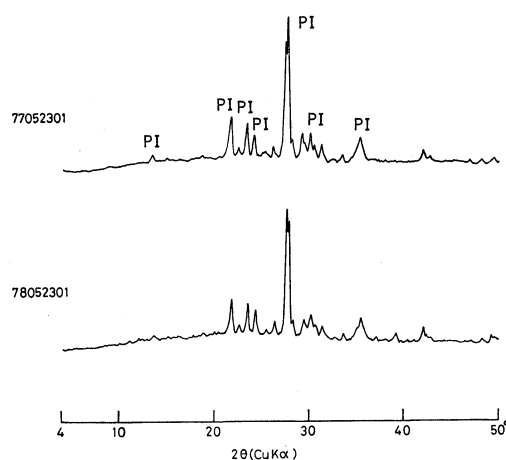


Fig. 2.

Fig. 2. X-ray powder diffraction patterns for volcanic ashes erupted in 1977~1978 from Sakurajima Volcano.

1979~1980 年噴出火山灰 3 試料共, 第 1 図上,  $2\theta$   $28^\circ$  付近,  $21.8^\circ$  付近,  $23.5^\circ$ ,  $24.4^\circ$  および  $30.2^\circ$  でそれぞれ斜長石を指示する強いピークが認められ, また,  $26.4^\circ$  付近でやや強いピークが認められる。3 試料共,  $2\theta$   $28^\circ$  付近に斜長石に特徴的なダブル・ピークが観測される。

1979~1980 年噴出火山灰 3 試料の X 線回折パターンを 1977~1978 年噴出火山灰 2 試料のそれ (第 2 図) と比較すると, 両者は, ピークの位置・強度に関して全く同一の特徴を示していることが分かる。

1979 年噴出火山灰 2 試料 (No. 79110801 および 79083001) は, 化学組成上, 1977~1978 年に噴出した“黒灰” (大庭ほか, 1980) に比べ, いずれも  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  に著しく富み,  $\text{FeO}$  に乏しい“赤灰に近い黒灰”であるが, X 線回折パターンを見る限り, 1977~1978 年噴出黒灰の場合と全く変わらない。従って, 1979 年噴出 2 試料火山灰は, 本質的には 1977~1978 年噴出の黒灰をもたらした原物質と同一の物質に由来した同一鉱物組成からなるものと言える。

## VII. 桜島火山灰構成粒子微構造の偏光顕微鏡観察およびその解析

### 1. 目的

農園芸作物・動物・人体等および金属・プラスチック・電子精密機器等に与える主として物理的影響を検討する目的で、桜島火山灰組成鉱物粒子の形状・包有物および微構造を観察した。

### 2. 試料の準備および観察方法

鉱物組成分析に用いられた検鏡用薄片を用い、鏡下透過光で火山灰組成鉱物粒子の形状・包有物の有無・鉱物種および微構造等を観察した。

以上とは別に、検鏡用薄片に封じていない光学的測定に用いられた試料粒子および浮遊超微粒子を用い、観察対象となる鉱物種に応じて低～高屈折率液を選び、その中に試料粒子を浸漬させ、透過光で観察した。不透明鉱物の識別には反射光も併用した。

### 3. 観察事項

鏡下観察に当たって、特につぎの各事項について留意した。

- a) 火山灰粒子の大きさ
- b) 火山灰粒子の形態
- c) 火山灰粒子の色
- d) 鉱物組成
- e) 組成鉱物の量的割合
- f) 下記組成鉱物の微構造その他の特徴

斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・マトリックス・マトリックス火山ガラス・マトリックス透明火山ガラス・褐色透明ガラス

以上の内、d) および e) は既述したので、ここでは省略する。

各組成鉱物粒子の微構造観察に当たっては、特につぎの諸点に注意した。

- a) マトリックスおよびマトリックス火山ガラスの有無多少
- b) 斜長石中の褐色透明ガラスの有無・配列状態および包有物の有無等
- c) 紫蘇輝石・普通輝石中の褐色透明ガラスの有無・配列状態および包有物の有無等
- d) マトリックス透明火山ガラスの有無・状態、発泡状火山ガラスの有無多少または火山ガラス中の気泡の有無、その他の状態

以下、各火山灰試料について、粒径  $250\sim 50\mu$  程度の組成鉱物粒子と粒径  $50\sim 10\mu$  程度およびそれ以下の微～超微粒子とに分けて観察事項を述べる。

### 4. 粒径 $250\sim 50\mu$ 火山灰粒子の形状・色・包有物および微構造

#### (1) 試料 No. 79083001

##### a) 粒径

最大粒径  $250\mu$  で、 $150\sim 50\mu$  のものが多く観察される。

##### b) 粒子の形状 (第 5 図 A)

斜長石には長柱状自形を呈するものおよび破片～裂片状をなすものが見られ、まれに丸みを帯びたものが観察される。紫蘇輝石には長柱状自形のもの、破片～裂片状をなすもの、まれに丸みを帯びたものが観察される。普通輝石は短柱状で丸みを帯びたものが多い。マトリックス

粒子には、丸みを帯びた不規則形状のものと鋭角に富む不規則形状のものとが観察される。

c) 粒子の色

反射光で淡黄～褐色，透過光で褐色を呈するものと反射光で白色，透過光で白～無色を呈するものがある。しばしば濃赤褐色（透過光・反射光共）を呈するものが観察される。

d) 包有物

斜長石にはリンカイ石，また，紫蘇輝石および普通輝石にはリンカイ石・磁鉄鉱およびジルコンの包有物が認められる。斜長石には，透過光で淡褐色～褐色を呈する褐色透明ガラスを包有するもの（第5図E）と包有しないものがある。輝石類中にまれに褐色透明ガラスを包有するものが観察される。

e) マトリックス粒子またはマトリックス火山ガラス粒子の微構造

① マトリックス粒子は主にマトリックス火山ガラスと晶子とからなり（第5図B），しばしば微晶を含むもの，および斑晶造岩鉱物を有するもの（第5図B）が観察される。また，マトリックス粒子には褐色（透過光）を呈するものと白色・淡灰色のしばしば汚濁状を呈するもの（第5図C）とが観察される。前者を褐色マトリックス粒子，後者を白色マトリックス粒子と呼ぶことにする。

② マトリックス粒子はしばしば hyalopilitic 組織を示し（第5図C），また，斑状組織を示すもの（第5図B）が認められる。これらの事実は，マトリックス粒子が，かつて溶岩の石基部分を構成していたものであることを示している。

③ マトリックス火山ガラス中に多量の針状～短冊状晶子を含むものは，しばしばフェルト状組織を示し，汚濁状に見える。

④ 酸化鉄質物質を多量に含むマトリックス粒子は濃赤色～濃赤褐色（透過光・反射光共）を呈する（第5図D）。褐色マトリックス粒子と区別するため，便宜上，これを赤褐色マトリックス粒子と呼ぶことにする。

f) 褐色透明ガラスの有無・特徴

斜長石・輝石類には褐色透明ガラスを包有するもの（第5図E）がある。これらの造岩鉱物中に包有される褐色透明ガラスは新鮮で，晶子を含まず，火山灰が火口から放出される以前に，地下のマグマ溜りにおいて，すでに晶出していたこれらの造岩鉱物中に生成された再溶融物質を意味しているものと考えられる。

g) 発泡状火山ガラスの有無

マトリックス火山ガラスにも褐色透明ガラスにも気泡は認められない。

h) 斜長石

斜長石には，褐色透明ガラスを有するものと有しないものがある。褐色透明ガラスは，斜長石のへき開に沿って平行配列する（第5図E）。リンカイ石を包有する。

i) 輝石類

輝石類の多くは新鮮で，リンカイ石・磁鉄鉱・ジルコンを包有する。まれに褐色透明ガラスが内包される。

(2) 試料 No. 79110801

試料 No. 79110801 の火山灰粒子の形状を第5図Fに示す。

この火山灰中のマトリックス粒子には，褐色マトリックス粒子（第6図A）と白色マトリックス粒子とが観察される。従って，マトリックス粒子の主体を構成するマトリックス火山ガラスにも褐色マトリックス火山ガラス（第6図C）と白色マトリックス火山ガラス（第6図D）

の2種類が観察される。まれに晶子を含まない透明なマトリックス火山ガラスも認められる。また、しばしば発泡状を呈する(第6図C・D)。hyalopilitic 組織を呈するもの(第6図A)および斑状組織を呈するもの(第6図B)が認められる。

試料 No. 79110801 の火山灰粒子の粒径・形状・色・包有物・鉱物組成および組成鉱物の特徴等は、試料 No. 79083001 の場合とほとんど変わらないが、つぎの2点は異なる。

① 試料 No. 79083001 の火山灰粒子中では認められないが、試料No. 79110801 の火山灰粒子中にはしばしば気泡を含む褐色マトリックス火山ガラス(第6図C)と白色マトリックス火山ガラス(第6図D)が認められる。

② 酸化鉄質物質の存在のため濃赤褐色を呈する赤褐色マトリックス粒子は、試料 No. 79083001 では比較的多く認められるが、試料 No. 79110801 では少ない。

第6図EおよびFは、褐色透明ガラスを包有する内核部と褐色透明ガラスを全く包有せず、累帯構造を示す新鮮な外郭部とからなる斜長石を示す。

この事実は、内核部の斜長石とこれを取り巻く外郭部の斜長石との間に、晶出時期・生成の温度圧力条件およびマグマの位置・成分に関して、明らかに不連続的なものがあったことを示す。前述したように、斜長石に2種類の最小屈折率が測定されたという事実は、このような斜長石の内核部と外郭部の成分上の相違を反映したものであるかも知れない。

## 5. 粒径 50~10 $\mu$ および 10 $\mu$ 以下の火山灰微粒子の形状および微構造

(1) 試料 No. 79083001

a) 粒径

最大粒径 50 $\mu$  で、10~5 $\mu$  および 5 $\mu$  以下のものが多く観察される。

b) 微粒子の形状

微~超微粒子の形状は、つぎのように4大別される。

① 針状・長柱状をなすもの

主に斜長石・微晶および晶子にこの形状を示すものが多い。

② 短柱状をなすもの

主に輝石類の微晶に見られる。

③ 栗つぶ状および丸みを帯びた形をなすもの

マトリックス粒子(主に火山ガラスからなり、晶子を含むものと含まないものとがある)にこの形状を呈するものが多い。

④ 鋭角に富む不規則な形状をなすもの

マトリックス粒子にこの形状を示すものが多く、斜長石および微晶にも破片状~裂片状を呈するものが観察される。

c) 粒径の違いによる鉱物種の違い

① 粒径 50 $\mu$  前後の微粒子

粒径 50 $\mu$  前後の微粒子中には、汚濁状外観を呈する白色および褐色(透過光・反射光共)マトリックス火山ガラス(晶子を含むものが多い)が最も多く観察される。このほか斜長石・微晶および輝石類が観察される。

② 粒径 10~5 $\mu$  および 5 $\mu$  以下の超微粒子

粒径 10~5 $\mu$  または 5 $\mu$  以下の超微粒子には、汚濁状外観を呈する白色~褐色(透過光)マトリックス火山ガラス(晶子を含むものも含まないものもある)が最も多く観察される。この

ほか晶子・微晶が観察される。判定不能な鉱物種不明の超微粒子がある。また、しばしば酸化鉄質物質の存在のため濃赤褐色（透過光・反射光共）を呈するものが観察される。

(2) 試料 No. 79110801

a) 粒径

50  $\mu$  前後のものおよび 10  $\mu$  以下のものが多く観察される。

b) 微粒子の形状

鋭角に富む形状のものと丸みを帯びた形状のものが混在する。その他の微～超微粒子の形状は試料 No. 79083001 の場合と同様である。

c) 粒径の違いによる鉱物種の違い

① 粒径 50  $\mu$  前後の微粒子

白色マトリックス火山ガラス微粒子と褐色マトリックス火山ガラス微粒子とが観察される。その他の観察事項は試料 No. 79083001 の場合と同様である。

② 粒径 10～5  $\mu$  および 5  $\mu$  以下の超微粒子

酸化鉄質物質のため濃赤褐色を呈する超微粒子は、試料 No. 79083001 の場合よりも少ない。その他の観察事項は試料 No. 79083001 の場合と同様である。

## 6. 観察結果

これまでに述べてきたことから、試料 No. 79110801 および 79083001 の火山灰について、つぎのようなことが分かる。

(1) 両者は、粒子の粒径・形状・色・鉱物種および組成鉱物の性状について、ほとんど一致した特徴を示す。

(2) 両者は、いずれも褐色透明ガラスを包有する斜長石および輝石類を有する。

(3) 両者のマトリックス粒子にはしばしば hyalopilitic 組織および斑状組織が認められる。

(4) 両者のマトリックス粒子およびマトリックス火山ガラス粒子には、褐色を呈するものと白色を呈するものがある。

(5) 試料 No. 79083001 には認められないが、試料 No. 79110801 の火山灰中には、まれに気泡を含む褐色および白色マトリックス火山ガラス、すなわち発泡状マトリックス火山ガラスが認められる。

(6) 酸化作用をこうむったことを示す酸化鉄質物質に富む赤褐色マトリックス粒子は、試料 No. 79110801 の火山灰では少ないが、試料 No. 79083001 の火山灰では比較的多く観察される。

以上の諸事実は、1979 年噴出 2 試料火山灰が、僅かの違いを除き、全体として、本質的に同一物質からなるものであり、同一源から放出されたものであることを示している。

## VIII. 桜島火山灰超微粒子の電子顕微鏡観察およびその解析

### 1. 目的

農園芸植物の表皮気孔および人間その他の動物の肺胞等の機能阻害に重大な関係があると推定される、大気中を浮遊し、至るところに侵入するミクロン単位の火山灰超微粒子の形状および微構造を検討する目的で、1979 年噴出火山灰試料 No. 79110801 および 79083001 の超微粒子について、電子顕微鏡による観察（加速電圧 20 KV）を行った。

## 2. 火山灰超微粒子の粒径・形状および鉱物種

第4図に火山灰超微粒子の形状を示す。これからつぎのようなことが分かる。粒径  $50\mu$  以上の粒子の形状には、個々の鉱物本来の特性を反映した形状を示すものが多い。第4図A中、へき開面の明瞭に見えるものおよび長柱状を呈するものの多くは斜長石と推定される。第4図B中、右上端および右端中央部のものは輝石と推定される。不規則な形状を呈するものは、大部分マトリックス火山ガラスと推定される。

火山灰超微粒子は、全体として鋭角に富む形状を呈するものが多い。この事実は、原物質が火口底で爆砕された結果であろうことを示している。

## IX. 桜島火山灰の粒度分布およびその解析

### 1. 目的

火山灰中に、農園芸作物・人体・各種産業および一般市民社会生活環境に直接影響を与えているミクロン粒径単位の粒子がどの位存在するかということを明らかにする目的で、粒度分布測定を行った。

粒度分布測定は、粒径範囲に関し、測定精度に技術的限界があるため、第一段階として、粒径の幅広い範囲にわたる粒度分布測定を行い、第二段階として、同一試料について、浮遊塵粒径単位を含む特定の狭い粒径範囲における粒度分布測定を行った。

### 2. 試料の準備

大量に、かつ純粋に採取された火山灰試料の内、1979年噴出試料 No. 79110801 約 25 g (最大粒径  $250\mu$ ) について、第1段階では、 $0\sim 180\mu$  粒径範囲にある粒子中  $10\mu$  以下の微粒子がどの程度存在するかを明らかにし、また、第二段階では、別に用意した同一試料約 25 g について、 $10.0\sim 0.0\mu$  粒径範囲にある微粒子中  $5.0\sim 0.1\mu$  範囲にある超微粒子がどの程度存在するかを明らかにすることとした。

### 3. $180\mu$ 以下の粒径範囲における粒度分布

#### (1) 測定方法および測定条件

粒径  $180\mu$  以下の火山灰粒子のミクロン粒度分布測定は、光透過式粒度分布測定器ミクロン・フォトサイザー SKN-1000 を用い、第7表に示すミクロン間隔、水温  $25^{\circ}\text{C}$ 、分散方法超音波5分の条件で、粘度 17.0、比重 1.1132 のエチレン・グリコールを用い、セイシン企業に委託して行われた。

#### (2) 粒度分布測定結果

粒度分布測定結果を第7表に示す。これから作成された重量累積粒度分布グラフを第3図Aに示す。

これによれば、粒径  $180\mu$  以下の粒子中、粒径  $10\mu$  以下の微～超微粒子は、重量累積比で 7.4% を占めていることが分かる。また、重量累積比 50% におけるミクロン粒径は約  $61\mu$  を指示する。

### 4. $10\mu$ 以下の粒径範囲における粒度分布

#### (1) 測定方法および測定条件

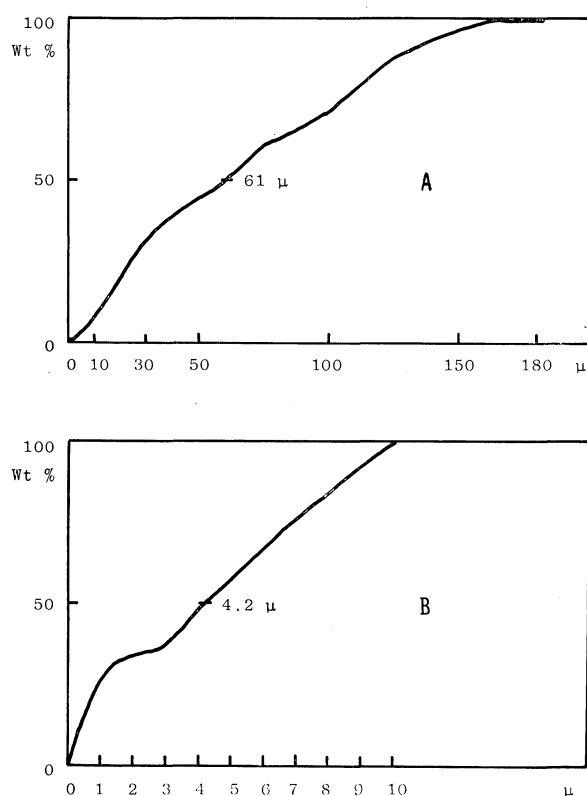


Fig. 3. Grain-size accumulation curves for volcanic ash erupted in November 1979 from Sakurajima Volcano. Sample No. 79110801, black ash. A: Measured range in grain size  $\phi$  0~100  $\mu$ . B: Measured range in grain size  $\phi$  0.0~10.0  $\mu$ .

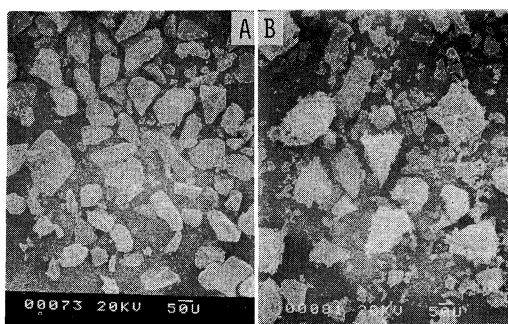


Fig. 4. Electron microscope photographs showing shape of micrograins of volcanic ashes erupted in 1979 from Sakurajima Volcano. A. Sample No. 79110801 (EM 00073), black ash. B. Sample No. 79083001 (EM 00081), black ash. Taken by N. Ohsako.

ミクロン粒径 10.0~0.0  $\mu$  範囲の粒度分布測定は、前記と同様の測定器を用い、水温 25°C、分散方法超音波 5 分、粘度 0.8937、比重 0.997 のヘキサメタリン酸ソーダ水溶液を用い、第 8 表に示すミクロン間隔で、セイシン企業に委託して行われた。

## (2) 粒度分布測定結果

粒度分布測定結果を第 8 表に示す。これから作成された重量累積粒度分布グラフを第 3 図 B に示す。

これによれば、植物の表皮気孔や動物の呼吸器管肺胞の大きさに相当する粒径 5.0~0.5  $\mu$  の粒子は、粒径 10.0  $\mu$  以下の粒子中、重量累積比で 43.3% に達することが分かる。また、粒径 5.0~0.0  $\mu$  範囲の粒子は 57.6% を占める。

Table 7. Grain-size distribution ( $\phi < 180 \mu$ ) of volcanic ash from Sakurajima Volcano

No.	79110801	
Ash	Black ash	
Specific gravity	2.65	
Micron interval	Accumulative value	Accumulative ratio (Wt. %)
0～ 5 $\mu$	0.286	2.3
5～ 10	0.915	7.4
10～ 20	2.339	18.9
20～ 40	4.799	38.8
40～ 50	5.474	44.3
50～ 60	6.079	49.2
60～ 80	7.759	62.8
80～100	8.749	70.8
100～120	10.509	85.1
120～150	11.859	96.0
150～180	12.354	100.0

Table 8. Grain-size distribution ( $\phi < 10.0 \mu$ ) of volcanic ash from Sakurajima Volcano

No.	79110801	
Ash	Black ash	
Specific gravity	2.65	
Micron interval	Accumulative value	Accumulative ratio (Wt. %)
0.0～ 0.1 $\mu$	0.0004	0.03
0.1～ 0.5	0.1779	14.30
0.5～ 1.0	0.3297	26.40
1.0～ 2.0	0.4228	33.90
2.0～ 3.0	0.4585	36.70
3.0～ 4.0	0.5972	47.90
4.0～ 5.0	0.7182	57.60
5.0～ 7.0	0.9433	75.60
7.0～10.0	1.2477	100.00

第3図Bの重量累積曲線は、粒径 1.5～0.0  $\mu$  間では重量累積比の急激な減少、粒径 3.0～1.5  $\mu$  間では重量累積比にほとんど変化がないこと、また、粒径 10.0～3.0  $\mu$  間では粒径と重量累積比との間に比例関係が見られることを示している。なお、重量累積比 50% における粒子の粒径は約 4.2  $\mu$  である。

## X. 1979～1980 年噴出桜島火山灰の分析結果の考察

これまでに述べてきた各種実験結果から、1979～1980 年噴出桜島火山灰の特徴・噴出環境および形成過程について、つぎのように考察される。

- (1) 1979 年噴出 2 試料および 1980 年噴出 1 試料火山灰の比較



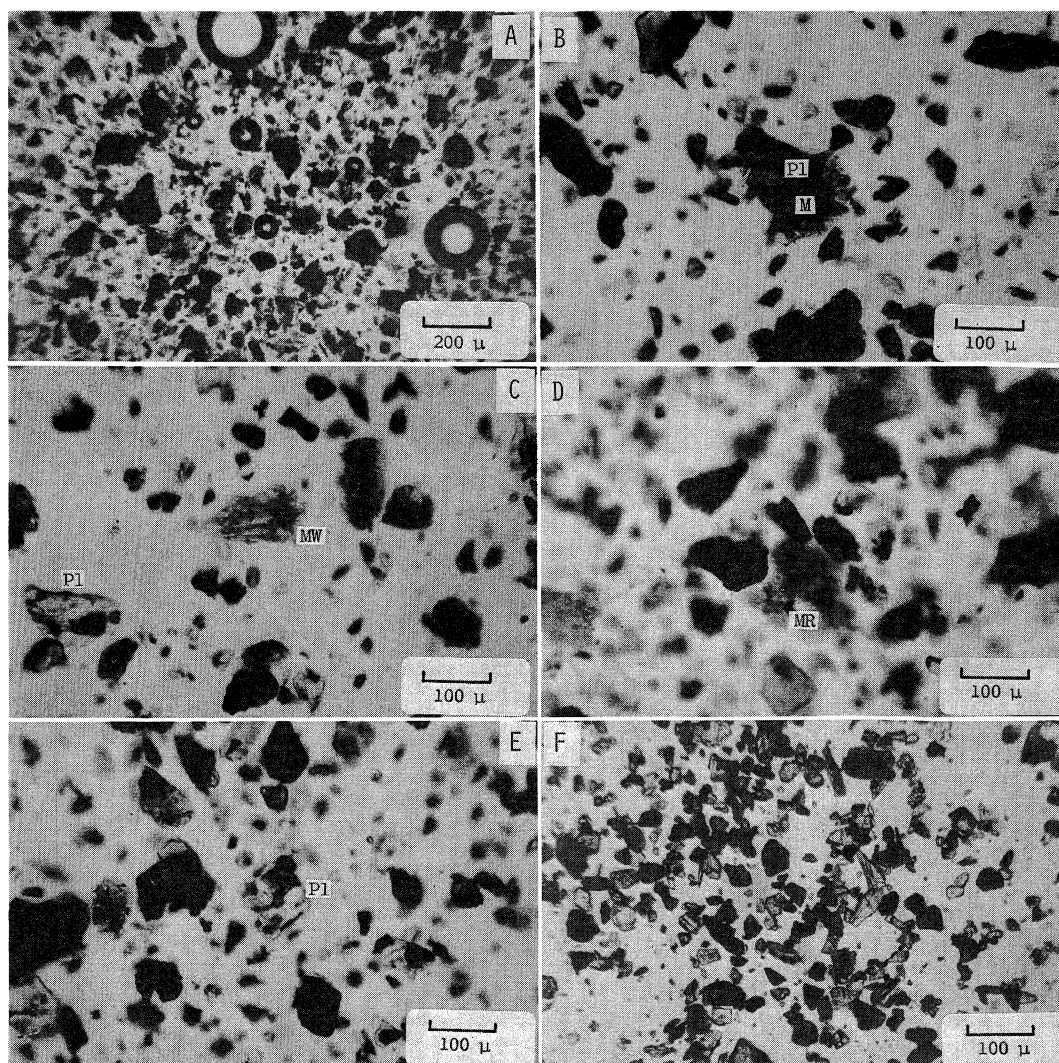


Fig. 5. Microphotographs of constituent micrograins of volcanic ashes from Sakurajima Volcano. Taken by N. Oba.

A~E: Sample No. 79083001.

- A. Constituent micrograins ranging in size from about 50 to 250  $\mu$  of volcanic ash erupted in August 1979 (I-1).
- B. Mitcograin showing porphyritic texture. Pl shows a plagioclase phenocryst within the matrix grain (M) showing hyalopilitic texture (I-5).
- C. White colored~colorless matrix micrograin (MW), consisting of volcanic glass and crystallite, that which shows hyalopilitic texture (I-6).
- D. Deep reddish brown colored matrix micrograin (MR) due to oxidation of iron material (I-9).
- E. Plagioclase (Pl) within which brown colored transparent glasses are regularly arranged parallel to its cleavage (I-8).
- F. Sample No. 79110801; constituent micrograins ranging in size from about 50 to 250  $\mu$  of volcanic ash erupted in November 1979 (I-22).

1979年噴出2試料 No. 79110801 および 79083001 の火山灰は、鉱物組成・組成鉱物の光学性・化学組成・X線回折パターンおよび鏡下で観察される微構造等あらゆる点からみて、ほとんど同一の特徴を有する。この事実、両者が、本質的に同一の物質であること、また、ほと

んど同一環境条件下で同一源から放出されたものであることを示している。

また、1980 年噴出試料 No. 80051101 の火山灰は、X 線回折パターンを見る限り、1979 年噴出 2 試料火山灰と全く同一の特徴を示し、これらの火山灰とほとんど同一の物質からなるものと判断される。

#### (2) Hyalopilitic～斑状組織を示すマトリックス粒子の存在

1979 年噴出 2 試料火山灰中に極めて多量に hyalopilitic 組織を呈するマトリックス粒子（第 5 図 B・C, 第 6 図 A）が、またしばしば斑状組織を示すマトリックス粒子（第 5 図 B, 第 6 図 B）が存在するという事実は、これらの火山灰が火口から大気中に放出される以前、一度は火口底で溶岩として冷却固化しつつあった経験をもったものであることを示している。

#### (3) 1979 年噴出 2 試料火山灰に見られる酸化作用

1979 年噴出 2 試料火山灰は、①化学組成上、1977～1978 年噴出黒灰に比べ、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  に著しく富み、 $\text{FeO}$  に著しく乏しいという事実、および ②酸化作用をこうむったことを示す酸化鉄質物質を含む赤褐色マトリックス粒子（第 5 図 D）が比較的多く認められるという事実から、火口底で、ある適当な期間加熱酸化作用を受け溶岩が、火道に蓄積されたガス圧によって爆砕された“赤灰にやや近いもの”（大庭ほか、1980）であると言える。事実、試料 No. 79083001 の火山灰に関しては、1979 年 4 月 30 日から同年 8 月 18 日までの期間、桜島火山南岳火口における噴煙活動が休止状態にあったことによって裏づけられる。

しかし、これらの 2 試料火山灰は、X 線回折パターンからみても、また、ほとんどすべての輝石類が新鮮であり、かつ鋭角に富む形状の粒子が多い（第 4 図 A・B, 第 5 図 A・F）という事実からみても、いわゆる“赤灰”（大庭ほか、1980a, b）のように、著しい酸化・変質作用をこうむったものではない。

#### (4) 造岩鉱物中に包有される褐色透明ガラスの存在意義

鏡下で観察される組成鉱物の微構造の観点から、1979 年噴出 2 試料火山灰の斜長石および輝石類中に、規則的な配列をなす褐色透明ガラス（第 5 図 E, 第 6 図 E・F）が包有されているという事実は、これらの火山灰が放出される以前、比較的高い温度圧力条件下のマグマ溜りにあった際、既晶出造岩鉱物における一部再溶融が行われ、造岩鉱物の結晶構造等に規制されつつ褐色透明ガラスが生成されたことを推定させる。

#### (5) 斜長石に見られる成長の時間的空間的不連続

褐色透明ガラスを多量に内包する内核部と褐色透明ガラスを全く包有しない新鮮な外郭部とからなる斜長石（第 6 図 E・F）が火山灰中に存在するという事実は、斜長石の成長過程に関し、時間的空間的に、また成分的に明らかな不連続があったことを示している。このことは、同時に、斜長石を晶出させたマグマ環境に時間的空間的不連続があったことを示唆している。

もし桜島火山の地下深所に 2 つのマグマ溜りが存在すると考えられるならば、褐色透明ガラスを内包する内核部の斜長石はより深い位置にあるマグマ溜りで、また、褐色透明ガラスの全く認められない外郭部の斜長石はより浅い位置にあるマグマ溜りで晶出したのかも知れない。あるいは、内核部の斜長石はより深い位置のマグマ溜りに到達する以前にすでに晶出しており、マグマ溜りに到達した後、斜長石の一部再溶融の結果褐色透明ガラスが生成され、その後、内核部の斜長石を取り巻くように外郭部の斜長石を成長させたのかも知れない。

#### (6) 発泡状マトリックス火山ガラスの存在意義

試料 No. 79110801 の火山灰中に発泡状マトリックス火山ガラス（第 6 図 C・D）が存在する

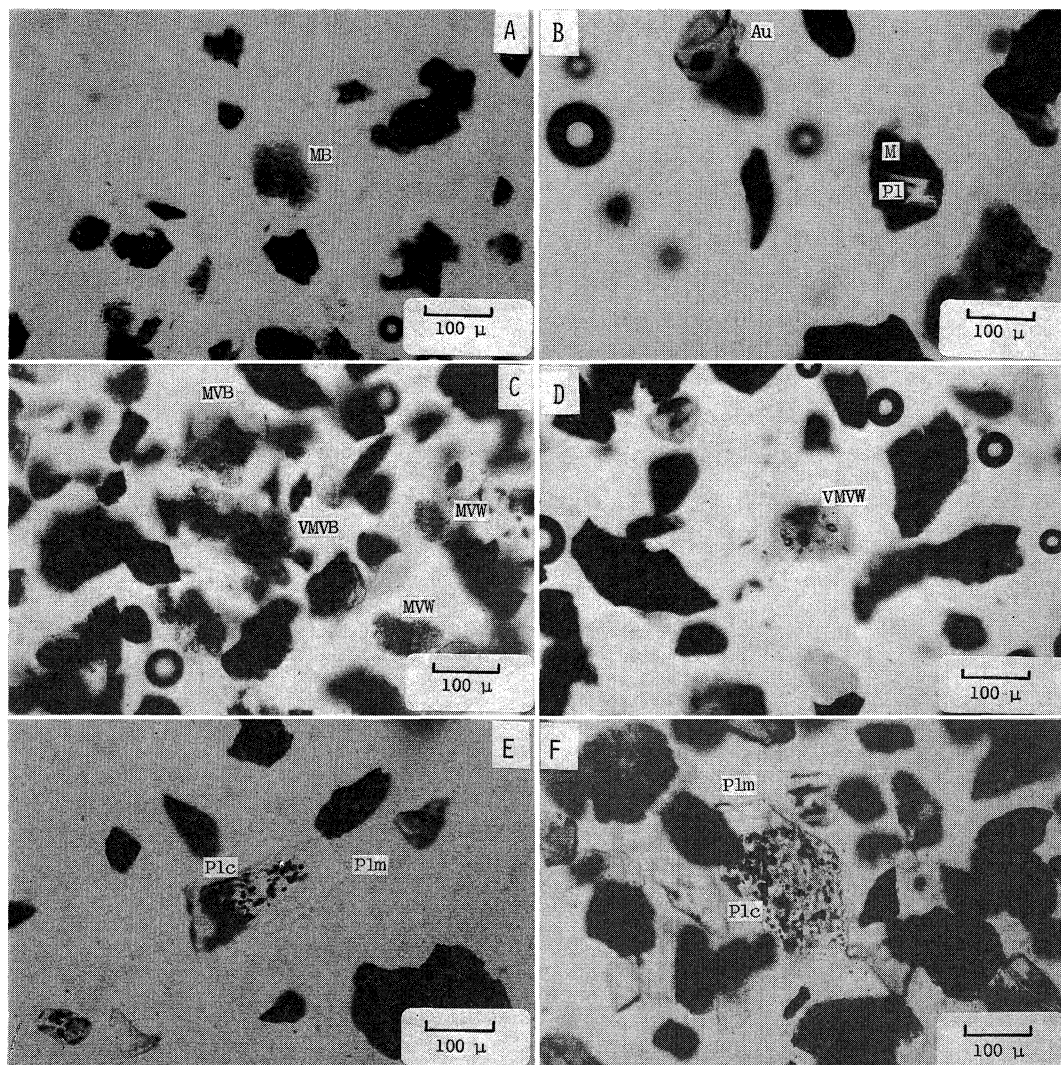


Fig. 6. Microphotographs of constituent micrograins of volcanic ash from Sakurajima Volcano. Sample No. 79110801. Taken by N. Ōba.

- A. Micrograin of brown colored matrix (MB) showing hyalopilitic texture (I-14).
- B. Micrograin showing porphyritic texture. Plagioclase phenocryst (P1) is suspended in the matrix (M) (I-15). Au: Augite.
- C. Micrograin of brown colored and vesiculated matrix volcanic glass (VMVB) (I-13). MVB: Brown colored matrix volcanic galss. MVW: White colored matrix volcanic glass.
- D. Micrograin of dusty white colored~colorless and vesiculated matrix volcanic glass (VMVW) (I-12).
- E. Brown colored transparent glasses are regularly arranged parallel to cleavage within the core part (Plc) of plagioclase. It is noted that no brown colored transparent glass appears within the marginal part (Plm) of plagioclase (I-19).
- F. Appearance of brown colored transparent glasses is limited within the core part (Plc) of plagioclase. Note fresh and clear outer margin (Plm) against the inner core (Plc) of plagioclase (I-20).

という事実は、より高温高圧下にあった地下のマグマが、相対的により低温低圧の火口に導かれ、狭い火道から大気中に押し出され、または放出された際、断熱膨脹が起こり、一部に発泡現象のあったことを示している。

(7) 火山灰中における粒径範囲  $5.0\sim0.5\mu$  超微粒子の存在量

最大粒径  $300\mu$  以下の粒子からなる既報 1974～1978 年噴出 3 試料黒灰の粒度分布測定結果は、粒径  $10\mu$  以下の粒子が重量累積比でおよそ 3～4% 存在することを示している（大庭ほか，1980）。

最大粒径  $250\mu$  以下の粒子からなる 1979 年噴出試料 No. 79110801 の火山灰について行った粒径範囲  $180\sim0\mu$  間における粒度分布測定結果は、この中で占める  $10\mu$  以下の粒子が重量累積比で 7.4% であること、また、粒径範囲  $10.0\sim0.0\mu$  間における粒度分布測定結果は、この中で占める粒径範囲  $5.0\sim0.5\mu$  の超微粒子が重量累積比で約 43%、また、粒径範囲  $5.0\sim0.0\mu$  の超微粒子では約 58% であることを示している。

これらのことから、最大粒径  $250\mu$  以下の粒子からなる試料 No. 79110801 の火山灰中、農園芸植物等に甚大な被害を与えている粒径範囲  $5.0\sim0.5\mu$  の気孔・細胞・肺胞単位の超微粒子は、重量累積比でおよそ 1.5～2.0% 存在するとみてよいであろう。

## 文 献

- 大庭 昇，富田克利，山本温彦，井ノ上幸造，大迫暢光（1980），1977～1979 年噴出桜島火山灰の物理化学的性質，桜島地域学術調査協議会調査研究報告，75～88。  
———，———，———，大迫暢光，井ノ上幸造（1980a），桜島火山灰の鉱物組成，化学組成および形成機構，岩鉱，75，329～336。  
———，———，———，———（1980b），桜島火山の黒灰・赤灰・白灰の性状と成因，鹿児島大学理学部紀要，No. 13，11～27。