

鍋島岳火山の地質

著者	奥野 充, 小林 哲夫
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要. 地学・生物学
巻	24
ページ	23-35
別言語のタイトル	Geology of Nabeshima-dake Volcano, Southern Kyushu, Japan
URL	http://hdl.handle.net/10232/00003931

鍋島岳火山の地質*

奥野 充**・小林哲夫***

(1991年9月10日受理)

Geology of Nabeshima-dake Volcano, southern Kyushu, Japan*

Mitsuru OKUNO** and Tetsuo KOBAYASHI***

Abstract

This paper provides results of geological investigation of the erupted products from Nabeshima-dake Volcano, situated at the southern rim of Ikeda caldera in the Ibusuki volcanic region, southern Kyushu, Japan.

Based on the tephrochronology of the surrounding area, Nabeshima-dake Volcano was estimated to be formed by ca. 4.5ka eruption which started from emission of tephra and ceased with effusion of lava.

Nabeshima-dake Tephra Formation can be divided into four units which consist of scoria, pumice, banded pumice, and lithic fragments. Mode of eruption changed from phreatoic to magmatic, and repeated twice. The total volume of essential tephra is calculated to be about $59 \times 10^6 \text{m}^3$.

Nabeshima-dake lava dome is topographically divided into three units. Units I and II of the lava comprise the main lava dome whose northern half slid down into the caldera, due to sector collapse of the caldera rim. Unit III of the lava extruded like a plug dome just after the collapse of the dome. The amount of lava is estimated to be 0.07km^3 .

The total volume of essential material from Nabeshima-dake Volcano is calculated to be $8 \times 10^7 \text{m}^3$ (DRE). According to the category of intensity of eruption by BVE, this eruption is classified into the great eruption.

I はじめに

鍋島岳火山は、池田カルデラの南縁に位置する小規模な溶岩ドームである。この火山は小規模ではあるが、溶岩に多量の捕獲岩が含まれることから、岩石学的に古くから注目されてきた(種子田, 1944)。また、溶岩ドームの北半分がカルデラ内に落ち込んだような特殊な地形のため、その成因についても関心がもたれてきた(小林, 1984)。しかし、鍋島岳火山を形成した噴火の詳細については、これまで報告例がなかった。本論では、鍋島岳火山の地質を記載し、この火山の形成年代、噴火の推移、噴出量および規模について議論する。

* 日本地質学会第98年学術大会(松山)において一部講演。

** 西之表市立国上中学校 Kunigami Junior High School, Nishinoomote 891-32, Japan

*** 鹿児島大学理学部地学教室 Institute of Earth Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, Kagoshima 890, Japan

II 地形・地質の概略

Fig. 1に指宿地域の地形概略図を示す。この地域の地質については、太田(1966)、宇井(1967)などいくつかの報告がある。ここでは池田カルデラ形成以降を中心に述べる。

鬼門平断層崖は、長さ10km、高度差200mにおよび、Matumoto(1943)の提唱した“阿多カルデラ”の西縁に相当する。この東側には“阿多カルデラ”中央火口丘群(成尾・小林, 1983)とよばれる多くの小規模火山が分布している。これらの一部は、熱水変質作用により著しく粘土化している。

約5,700年前にその一角で巨大噴火がおこり、池田カルデラおよび南東方向に連なる火口列が形成された(成尾・小林, 1980, 1984)。また、このとき噴出した池田火砕流は、断層崖と中央火口丘群にはさまれた低地を埋め立て、平坦な地形面をもつ火砕流台地を形成した。鍋島岳火山は池田カルデラ南縁にあり、その北半分がカルデラ内に滑落している。開聞岳火山は、約4,000年前から活動をはじめた二重式の火山である。最新の噴火は、西暦874, 885年にあり、その詳細は「三代実録」に記録が残っている。

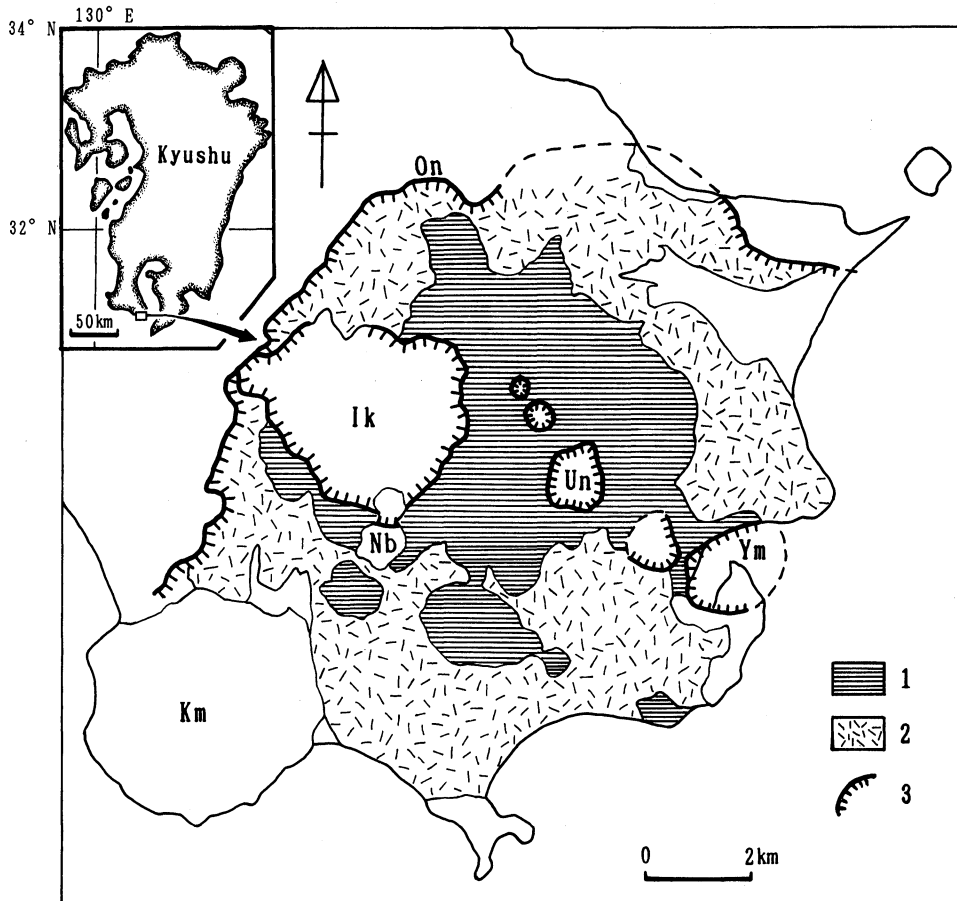


Fig. 1. Simplified geomorphological map of Ibusuki volcanic region.

On: Onkadobira fault scarp; Ik: Ikeda caldera; Un: Unagi-ike maar; Ym: Yamakawa maar; Nb: Nabeshima-dake Volcano; Km: Kaimon-dake Volcano; 1: Post Ata central cones; 2: Ikeda pyroclastic flow and related pyroclastic surge deposits; 3: Cliff (including fault scarps, caldera wall and crater rim)

Fig. 2に鍋島岳周辺に分布する完新世テフラの模式柱状図を示す。約6,300年前の鬼界カルデラの噴火による一連のテフラを鬼界-アカホヤテフラ層 (Kikai-Akahoya Tephra Formation), 池田カルデラを形成した一連のテフラを池田テフラ層 (Ikeda Tephra Formation), 開聞岳火山から噴出したテフラを開聞岳テフラ層群 (Kaimon-dake Tephra Group) とよぶ。

鍋島岳テフラ層 (Nabeshima-dake Tephra Formation) は, 池田テフラ層と開聞岳テフラ層群の間に見られ, 両者とは腐植土を挟んで接している。このことから, 鍋島岳テフラ層が, 池田カルデラとは時代の異なる噴火の産物であることがわかる。

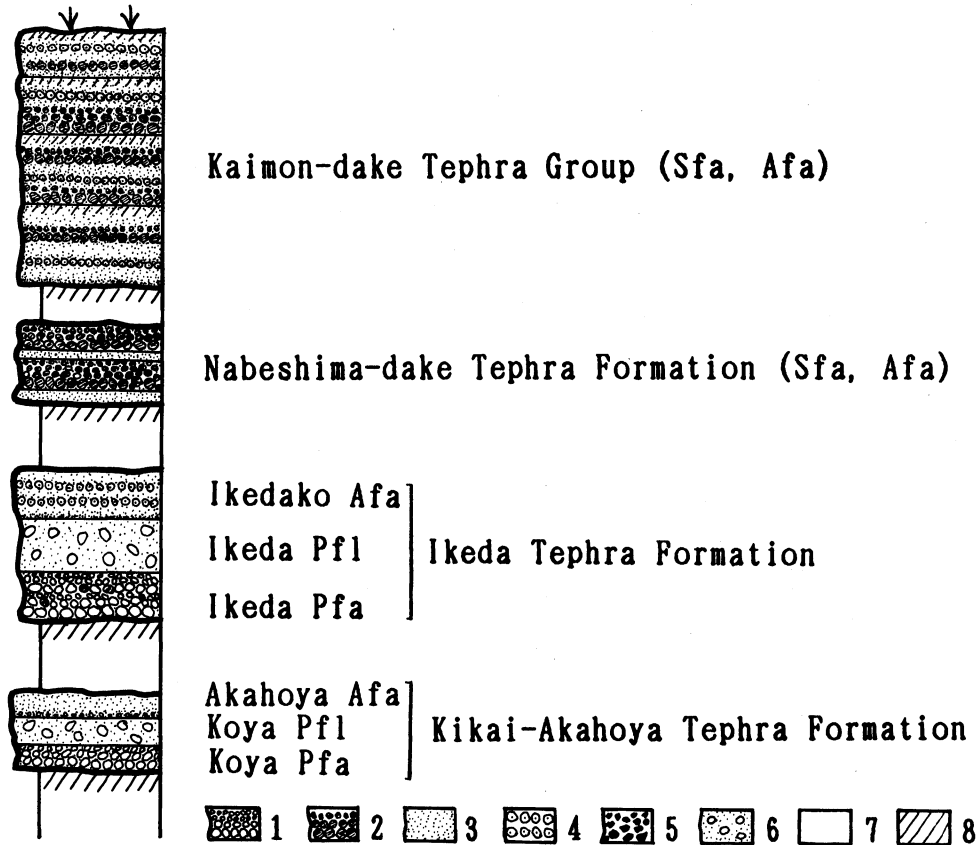


Fig. 2. Idealized columnar section for the Holocene tephra around Nabeshima-dake volcano (not to scale).

Pfa: Pumice fall; Sfa: Scoria fall; Afa: Ash fall; Pfl: Pyroclastic flow; 1: Pumice; 2: Scoria; 3: Ash; 4: Accretionary lapilli; 5: Lithic fragment; 6: Pyroclastic flow; 7: Secondary deposit; 8: Humic soil

Ⅲ 地質の記載

1. 鍋島岳テフラ層

鍋島岳テフラ層は, スコリア, 軽石, 岩片および火山灰からなる降下堆積物であり, 火砕流堆積物は認められない。スコリアには, カンラン石, 普通輝石, 斜長石などが, 軽石には, 角閃石, 紫蘇輝石, 斜長石, 石英などが斑晶として認められる。また, “不均質スコリア” (和田, 1989) や縞状軽石などの不均質な火砕物質も見られる。

このテフラ層は、下位から類質岩片を含む黄褐色細粒火山灰層 (Nb-1), 軽石および類質岩片を含むスコリア層 (Nb-2), 細粒のスコリア, 類質岩片を含む火山灰層 (Nb-3), スコリア層 (Nb-4) の4枚のテフラ・メンバーに分けることができる (Fig. 3). それぞれのメンバーの間には長い

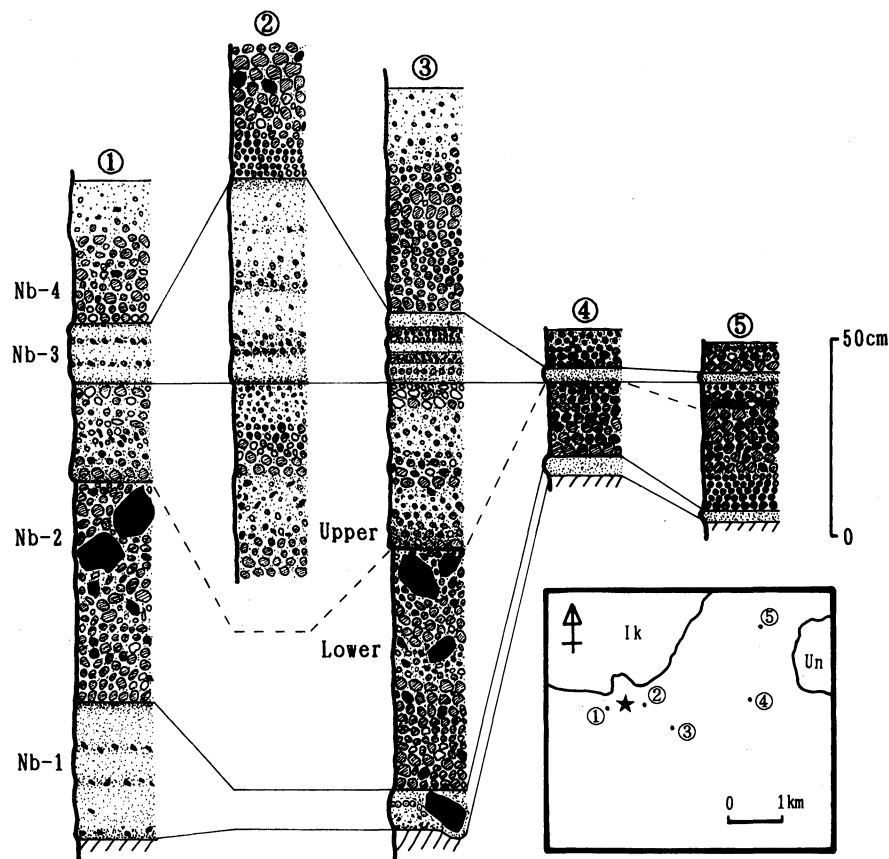


Fig. 3. Representative columnar sections of the Nabeshifna-dake Tephra Formation. ★: vent. Symbols as Fig. 1.

時間間隙を示す腐植土などはなく、ほぼ一連の火砕堆積物と考えられる。それぞれのメンバーの等層厚線図を Fig. 4に示す。この等層厚線図から推定される火口の位置は、現在の鍋島岳の北部である (Fig. 4の★)。

このテフラ層の模式地として、保存が最も良くこれらのメンバーがすべて見られる Fig. 3の Loc. ③を選び、ここでの詳細な柱状図を Fig. 5に示す。

最下位の Nb-1 は、黄褐色細粒火山灰であり、植物の茎や葉のキャストが多数見られる。模式地での層厚は11cmで、下部5 cmには類質岩片が散在している。ここでの岩片の最大粒径 (ML) は1.1cmで、熱水変質を被っているものが多数見られる。上部はほとんど黄褐色細粒火山灰からなり、直径1~2 mmの火山豆石が見られる。また、上位の Nb-2 の類質岩片によるインパクト構造が認められる。

Nb-2 は、スコリア (みかけ密度 $1,200\text{kg/m}^3$)、軽石 (みかけ密度 $1,100\text{kg/m}^3$) および類質岩片よりなる。模式地での層厚は100cm、スコリアの最大粒径 (MS) =28.3cm、軽石の最大粒径 (MP) =38.5cm、ML=15.7cmであり、見かけ上、上部 (Nb-2U) と下部 (Nb-2L) に識別することができる (Fig. 3)。Nb-2L は、スコリアのほかに類質岩片を多量に含んでおり、その上半には類

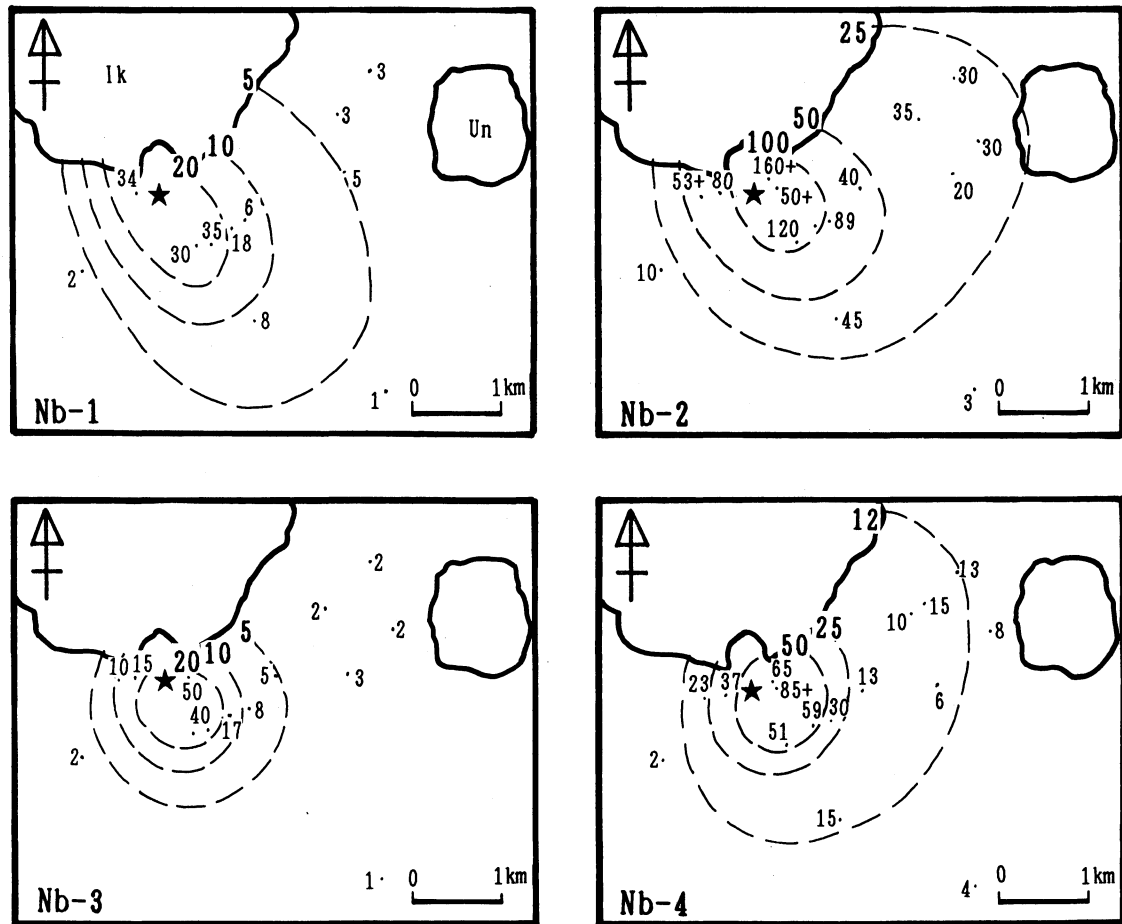


Fig. 4. Isopach maps of the Nabeshima-dake Tephra Members. Values in cm. Symbols as Fig. 1.

質岩塊 (max, 25cm) からなる弾道噴出物が多く認められる。遠方では複数のフォール・ユニットが確認されるが、火口近傍では弾道噴出物によって堆積構造が著しく乱されており、フォール・ユニットの細分は困難である。また、樹木痕と考えられる空洞があり、その内部には少量の炭化木片が見られる。Nb-2U は、粒径 2~3 mm のスコリアや類質岩片を多く含み、その最上部は軽石からなる (Fig. 5)。このメンバーの上面は、浸食面によって斜めに切られている。

Nb-3 は、細粒のスコリア、類質岩片および火山灰からなる。模式地での厚層は 12cm で、少なくとも 5 枚のユニット (下位から Nb-3a~e) を識別することができる (Fig. 5)。Nb-3a は厚さ 3 cm の黄褐色細粒火山灰で、粒径 1~2 mm の火山豆石が認められる。Nb-3b は厚さ 1 cm の藍色スコリア (MS=0.4cm) からなり、類質岩片 (ML=1.0cm) が認められる。Nb-3c は厚さ 2 cm のレンガ色火山灰である。Nb-3d は厚さ 3 cm で類質岩片 (ML=1.9cm) を多量に含む。Nb-3e は厚さ 3 cm の橙色火山灰である。火口より 1 km 以遠では、これらのユニットは識別できなくなり、黄褐色火山灰層として認識できにすぎない。

Nb-4 は、スコリアおよびごく少量の岩片からなる。スコリアには、斑点状と帯状の軽石が含まれる“不均質スコリア”も認められる。岩片には、類質のものほかに鍋島岳溶岩に酷似した本質火山岩塊も認められる。模式地での層厚は 55cm, MS=11.7cm, ML=6.3cm であり、下位

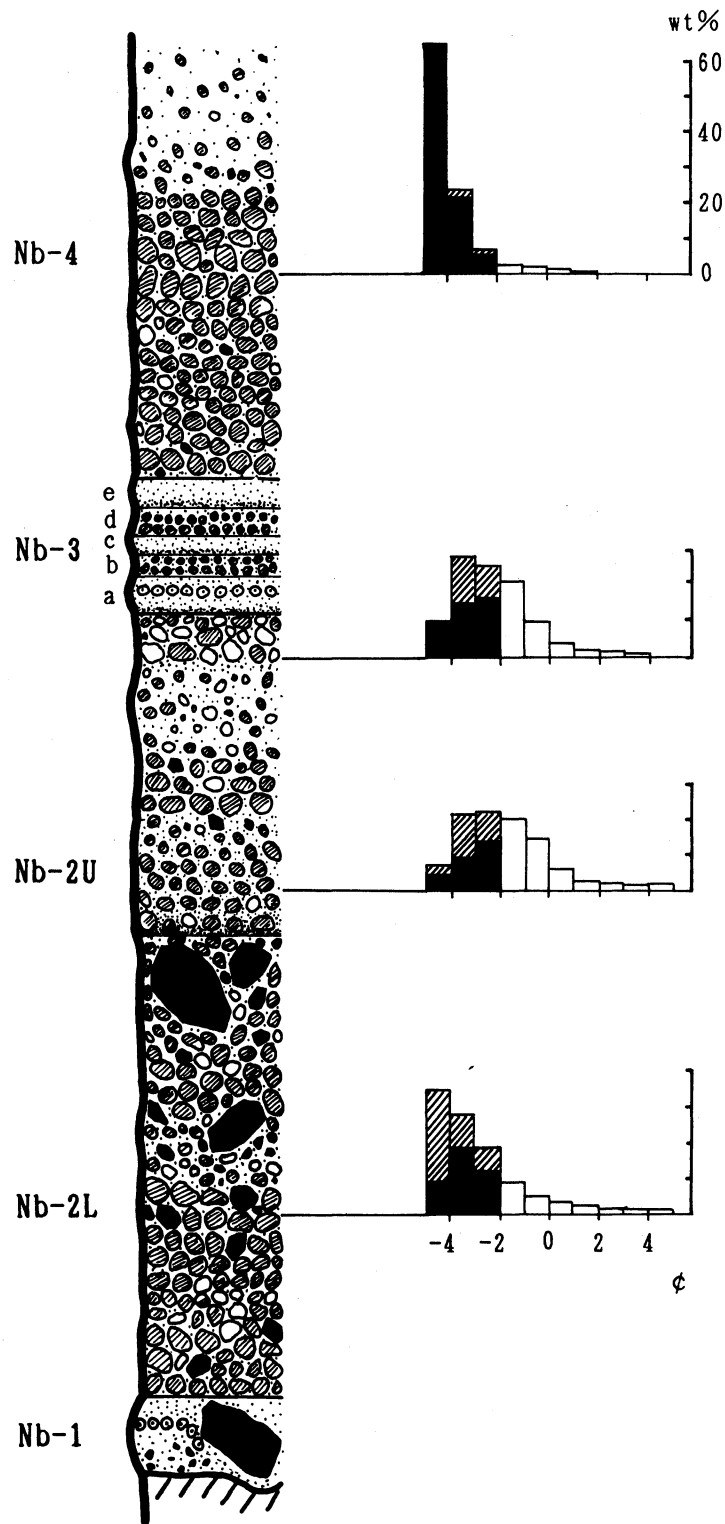


Fig. 5. Type columnar section of the Nabeshima-dake Tephra Formation at 850m ESE of the vent (③ in Fig. 3), with size frequency histograms. The bars on the histograms are subdivided into the essential material (solid) and accessory ejecta (stripe). With the limit of smaller than -2ϕ , not divided (blank). Symbols as Fig. 2.

から20cmまではやや逆級化し、それより上位では正級化構造を示す。また、Fig. 3の Loc. ②では、部分的に高温酸化しており、この地点が噴出源に極めて近いことを示唆している。

2. 鍋島岳溶岩ドーム

鍋島岳溶岩ドームは、灰白色～灰黒色多孔質の角閃石デイサイト（みかけ密度 $1,600\sim 2,200\text{kg/m}^3$ ）からなり、角閃石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、斜長石、石英が斑晶として認められる。灰白色の部分はガラス基流晶質組織を呈し、角閃石が多く認められる。また、この溶岩には玄武岩質の捕獲岩が多量に認められる。この部分は間粒状組織を呈し、カンラン石、斜長石などが斑晶として認められる。

この溶岩ドームは、空中写真の判読から、3つの岩体（鍋島岳溶岩Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ）に分類することができる（Fig. 6）。

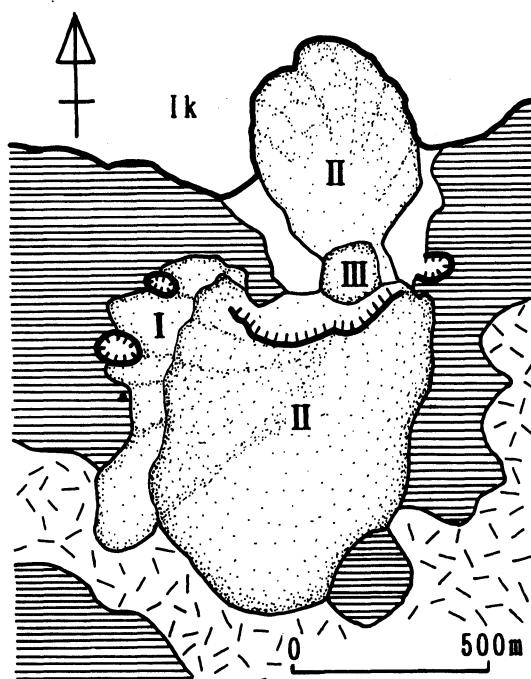


Fig. 6. Geological sketch map of Nabeshima-dake Volcano.

I : Nabeshima-dake lava I ; II : Nabeshima-dake lava II ; III : Nabeshima-dake lava III
Symbols as Fig. 1.

鍋島岳溶岩Ⅰ（LavaⅠ）は、玄武岩質の捕獲岩を多く含み、薄く広がった溶岩流の形態を示している。この溶岩は、一般に灰黒色を呈するが、非常に多孔質で灰白色の部分（みかけ密度 $1,600\text{kg/m}^3$ ）も認められる。

鍋島岳溶岩Ⅱ（LavaⅡ）は、溶岩ドームの主部をなす灰白色の溶岩である。山頂部を東西に横切る大きな崖を境に南北の地形が大きく異なっている。南半分は北から南へやや流下したような形態をもつ溶岩ドーム（Coulee）であるが、北半分は舌状の溶岩流の形態を示している。

この“舌状溶岩流”は大小の岩塊からなり、その表面には進行方向に凸の溶岩じわ状の地形とともに、放射状に開いた線構造が発達している。また、LavaⅡを横切る大きな崖には柱状節理が認められる。これらのことから比較的熱い状態でカルデラ内に滑落したものと推定される（小林, 1984）。

鍋島岳溶岩Ⅲ (LavaⅢ) は、LavaⅡの南北に分断された部分から流出した、底径160m、比高約40mの非常に小規模な溶岩ドームである。この溶岩には玄武岩質の捕獲岩が多く認められる。灰黒色を呈し、LavaⅠによく似ている。

3. マール

鍋島岳周辺には、水無池、鏡池、大底月などのマールがほぼ南西-北東の方向に並んで分布している (Fig. 7)。鏡池と水無池のマールは、池田火砕流の堆積面を破壊している。鏡池から東方約1 kmの露頭 (Fig. 7の Loc. X) では、池田テフラ層と鍋島岳テフラ層の間に厚さ約10cmの灰白色火山灰層が認められる。この火山灰層は、鏡池周辺にのみ認められることから、鏡池または水無池マールの形成に関連したテフラであると考えられる。小底月と大底月マールは、鍋島岳の LavaⅠの地形を破壊しており、鍋島岳東側の水源地マールは、鍋島岳テフラ層を破壊している (Fig. 6)。

これらのことから、鏡池、水無池マールは、鍋島岳火山の活動以前に、小底月、大底月および水源地マールは、鍋島岳火山の活動以後に形成されたと考えられる。

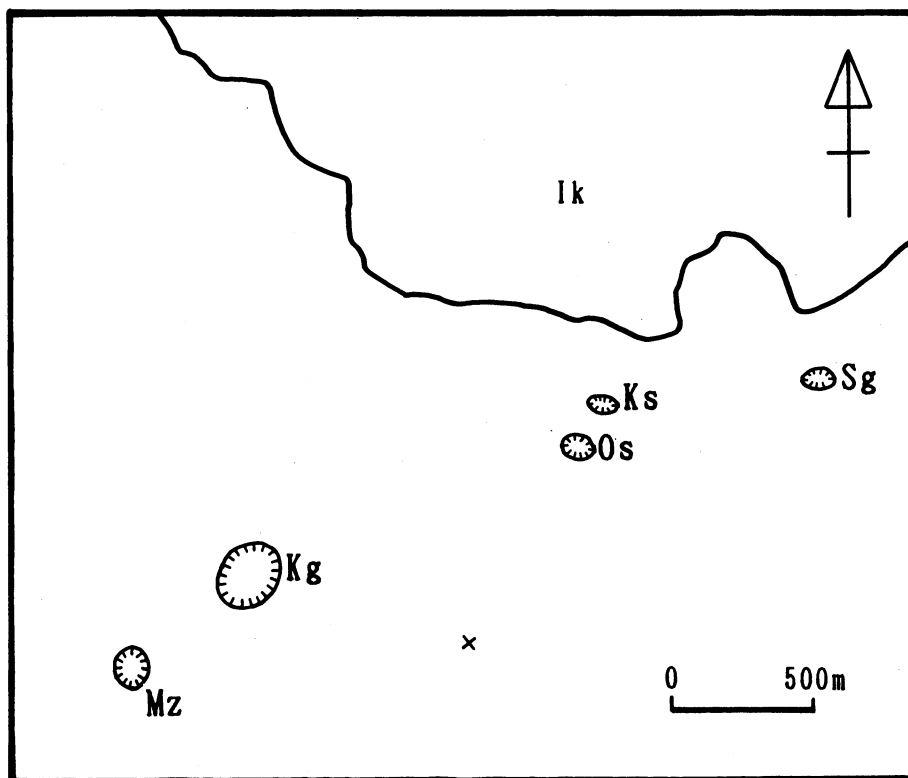


Fig. 7. Distribution of maars on and around Nabeshima-dake Volcano. Mz: Mizunashi-ike maar; Kg: Kagami-ike maar; Os: Oosokozuki maar; Ks: Kosokozuki maar; Sg: Suigenchi maar. Symbols as Fig. 1.

IV 形成時代および噴火の推移

現在のところ鍋島岳火山の放射年代は測定されていない。池田テフラ層は、約5,700年前に池田カルデラを形成したときのものです (成尾・小林, 1984)、開聞岳火山は、約4,000年前に活動を

開始したことがわかっている (中村, 1967). 鍋島岳周辺での腐植土の厚さは, 鍋島岳テフラ層直下では約30cmであり, 開聞岳テフラ層群直下では約15cmである. これらの腐植土の堆積速度が一定であると仮定すると, その噴出年代は約4,500年前と推定される.

鍋島岳火山の噴火の推移を Fig. 8に示し, 特に溶岩ドームの地形発達については Fig. 9に示す. この噴火は, その溶岩ドーム上に鍋島岳テフラ層が認められないことから, テフラの噴出からはじまり溶岩の流出でおわったと考えられる. すなわち, 水蒸気爆発によって火山灰 (Nb-1) を噴出した (Fig. 8-a). その後, マグマの噴出率が増加して, スコリアを放出した (Nb-2). スコリアのほかに多量の類質岩片が認められることから (Fig. 5), 火口壁の破壊, 火道の拡張が行われたと考えられる (Fig. 8-b). このメンバーは, 遠方においては複数のフォール・ユニットが見られることから, 連続した小規模なマグマ噴火によるものと考えられる. また, この噴火

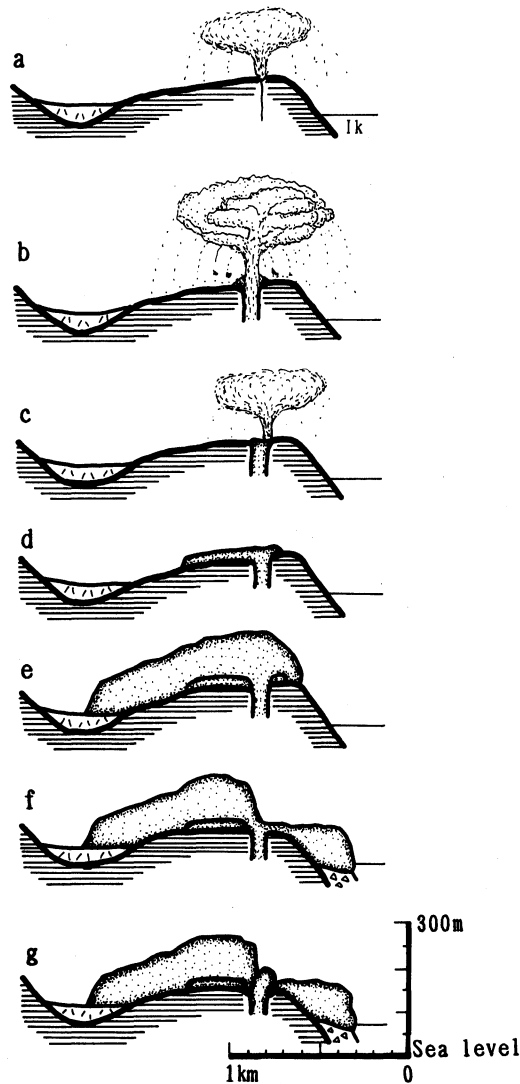


Fig. 8. Schematic diagrams showing the Nabeshima-dake eruptive sequence. (a) Emission of Nb-1 (open vent). (b) Emission of Nb-2 (enlargement of the vent radius). (c) Emission of Nb-4 (rising of magma head). (d) Effusion of Lava I. (e) Formation of main lava dome (Lava II). (f) Northern part of Lava II falling into the Ikeda caldera by the collapse of caldera wall. (g) Effusion of Lava III. Symbols as Fig. 1.

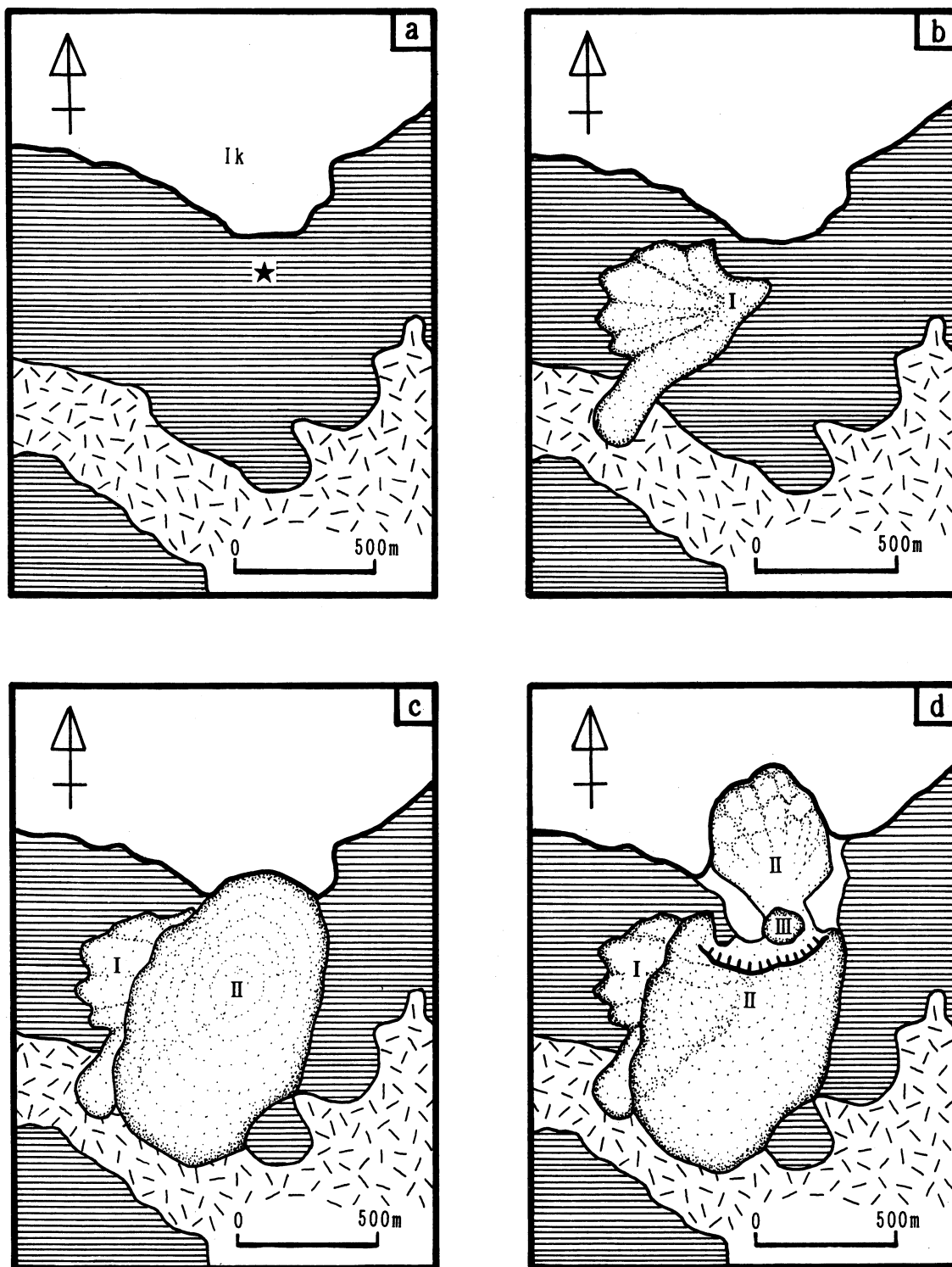


Fig. 9. Sketch maps showing the development of Nabeshima-dake lava dome. (a) Before the eruption. (b) Effusion of Lava I. (c) Effusion of Lava II. (d) Effusion of Lava III by the collapse of Lava II. Symbols as Fig. 1.

では軽石も少量ではあるが放出しており、上位ほどその量を増す傾向がある。若干の浸食面が生じる程度の時間間隙において、再び水蒸気爆発～マグマ水蒸気爆発による火山灰 (Nb-3) を噴出した。このメンバーには、少量ではあるが水冷破碎をうけたスコリアも認められる。これに引き続いて、再びマグマの噴出率が増加し、スコリアを放出した (Nb-4)。このメンバーには Lava I に酷似した本質岩塊も認められることから、このメンバー噴出中にはすでに溶岩が流出しはじめていたと推定される (Fig. 8-c)。また、このメンバーは、Nb-2 に比べて岩片がきわめて少ない (Fig. 5)。このことは、Nb-1 ~ Nb-3 の一連の噴火によってすでに火道の形成が完了し、マグマが比較的スムーズに上昇したことを示している。

テフラ噴出中の火口の形状は、比較的マグマの噴出率の大きかった Nb-2, Nb-4 のスコリアの表面にも急冷構造が見られることから、外部の水と接触しやすいものであったと推定される。

テフラの噴出に引き続いて、比較的流動性に富んだ Lava I が流出し、薄い溶岩流地形を形成した (Fig. 8-d; Fig. 9-b)。この Lava I には、玄武岩質の捕獲岩が多量に含まれる。次にやや粘性の高いものに移行し、溶岩ドームの主部 (Lava II) を形成した (Fig. 8-e; Fig. 9-c)。その後、不安定な池田カルデラ壁の地滑り崩壊にともない、Lava II の北半分がカルデラ内に滑落した (Fig. 8-f)。そして、Lava II の滑落後、Lava III が流出し、非常に小規模な溶岩ドームを形成したと推定される (Fig. 8-g; Fig. 9-d)。

なお、Lava II の地形は、Crater Lake caldera の Cleetwood flow (Bacon, 1983) によく似ている。Cleetwood flow は、流出直後のカルデラ形成により、その一部がまだ熱い状態でカルデラ内に流下したものである。しかし、Lava II は明らかに池田テフラ層の上位にあり、池田カルデラ形成後に流出したものである。したがって、両者は類似した地形を示すが、その成因は異なっている。

V 噴出量および噴火規模

鍋島岳テフラ層の体積を求める目的で、各メンバーについて等層厚線 (Fig. 4) の囲む面積を計測し、得られた層厚-面積曲線関係図を Fig. 10 に示す。各メンバーは、いずれも Hayakawa (1985) の示した等体積線にほぼ平行することから、Hayakawa (1985) の関係式が成立するとして、噴出量を計算すると、Nb-1 が約 $6 \times 10^6 \text{m}^3$ 、Nb-2 が約 $35 \times 10^6 \text{m}^3$ 、Nb-3 が約 $2 \times 10^6 \text{m}^3$ 、Nb-4 が約 $16 \times 10^6 \text{m}^3$ と求められる。これらに火砕物のみかけ密度から推定される各々の堆積物密度を乗じると、噴出量を約 $90 \times 10^9 \text{kg}$ と概算することができる。また、テフラ中の類質岩片は約 30wt% を占めるので、噴出した本質物質は、約 $62 \times 10^9 \text{kg}$ と見積もることができる。

Lava I の体積は、分布面積を $2 \times 10^5 \text{m}^2$ 、平均層厚を 25m と仮定すると、約 $5 \times 10^6 \text{m}^3$ である。また、Lava II は、地形図から本体が約 $50 \times 10^6 \text{m}^3$ 、カルデラ内に滑落した部分が約 $10 \times 10^6 \text{m}^3$ と見積もることができ、その合計は $60 \times 10^6 \text{m}^3$ である。Lava III は、同様に約 $1 \times 10^6 \text{m}^3$ となる。これにそれぞれの平均密度を乗じると、Lava I が、 $10 \times 10^9 \text{kg}$ 、Lava II が $126 \times 10^9 \text{kg}$ 、Lava III が、 $2 \times 10^9 \text{kg}$ で、合計約 $138 \times 10^9 \text{kg}$ と概算できる。

この噴火による噴出量を Table 1 にまとめて示す。この噴火によって噴出した本質物質の総量は、約 $200 \times 10^9 \text{kg}$ であり、約 30wt% がテフラとして放出された。マグマ換算体積は、約 $8 \times 10^7 \text{m}^3$ であり、この噴火は、Bulletin of Volcanic Eruptions (IAVCEI ed.) の基準によると大規模噴火に分類される。

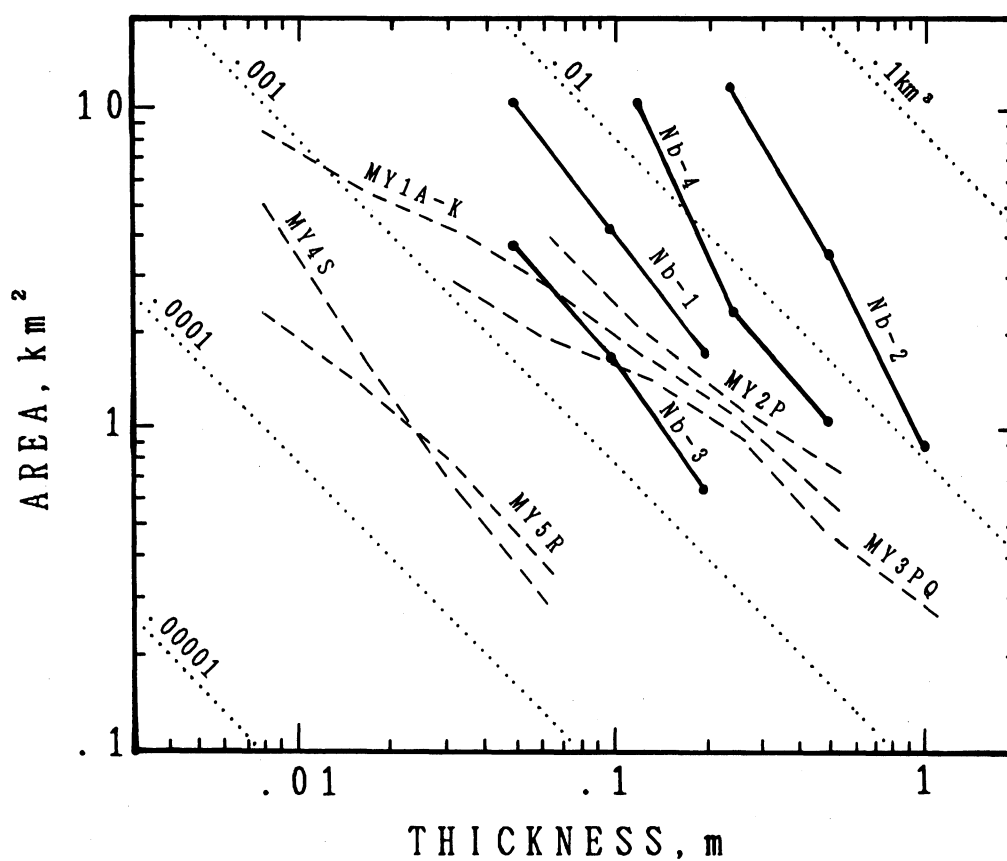


Fig. 10. Diagram showing the relation between the thickness and area of distribution of the pyroclastic falls, modified from Hayakawa *et al.* (1984). Nb: Nabeshima-dake Tephra Members, MY: Miyakejima 1983 deposit (Hayakawa *et al.*, 1984).

Table 1. Volume and mass of the eruptive products from Nabeshima-dake Volcano.

	Isopach used (cm)	Volume ($\times 10^6 \text{m}^3$)	Deposit density (kg/m^3)	Mass ($\times 10^9 \text{kg}$)	
				Essential	Accessory
Tephra					
Nb-1	5	6	1,000		6
Nb-2	25	35	1,600	39	17
Nb-3	10	2	1,000		2
Nb-4	12	16	1,300	23	3
Lava flow					
Lava I		5	2,000	10	
Lava II		60	2,100	126	
Lava III		1	2,200	2	
Total				200	28

VI ま と め

鍋島岳火山の地質を記載し、この火山の形成年代、噴火の推移、噴出量および規模について議論した。

テフクロノロジーから、鍋島岳火山は約4,500年前にテフラの噴出にはじまり溶岩の流出におわる噴火によって形成されたことが明らかになった。テフラ ($59 \times 10^6 \text{m}^3$) は、水蒸気爆発～マグマ噴火のサイクルを2回繰り返した。溶岩 ($66 \times 10^6 \text{m}^3$) は、Lava I の流出にはじまり、Lava II が溶岩ドームの主部を形成し、その北半分が滑落し、Lava III が出現した。また、Lava I の流出以後に大底月、小底月などマールが形成された。これら一連の火山活動により噴出したマグマの総量は、約 $200 \times 10^9 \text{kg}$ であり、マグマ換算体積は約 $8 \times 10^7 \text{m}^3$ である。

謝 辞

鹿児島大学の藤野直樹・浦川智行の両氏には露頭の位置など現地的情報を教えていただいた。また、東京都立大学の井村隆介氏には草稿を読んでいただき有益な助言をいただいた。以上の方々に感謝の意を表します。

VII 文 献

- Bacon, C.R., 1983, Eruptive History of Mount Mazama and Crater Lake Caldera, Cascade Range, U.S.A. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **18**, 57-115.
- Hayakawa, Y., 1985, Pyroclastic Geology of Towada Volcano. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **60**, 507-592.
- 早川由紀夫・荒牧重雄・白尾元理・小林哲夫・徳田安伸・津久井雅志・加藤 隆・高田 亮・小屋口剛博・小山真人・藤井敏嗣・大島 治・曾屋龍典・宇都浩三, 1984, 1983年10月3・4日三宅島火山噴出の降下火砕堆積物. *火山*, **29**, S208-S220.
- 小林哲夫, 1984, 池田カルデラの鍋島岳溶岩円頂丘. 日本火山学会編「空中写真による日本の火山地形」, 東大出版会, 52-53.
- Matumoto T., 1943, The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Jap. Jour. Geol. Geogr.*, **19** special number, 1-57.
- 中村真人, 1967, 開聞岳の火山噴出物と火山活動史——とくに噴出物の量と時代関係について. *火山*, **12**, 119-131.
- 成尾英仁・小林哲夫, 1980, 池田カルデラの火山活動史. *火山*, **25**, 306.
- 成尾英仁・小林哲夫, 1984, 池田カルデラ形成時の降下堆積物. *火山*, **29**, 148.
- 太田良平, 1966, 鹿児島県指宿地方地質調査報告. *地調月報*, **17**, 129-139.
- 種子田定勝, 1944, 鍋島溶岩およびその捕獲岩様岩石に就いて. *岩鉱*, **31**, 137-155.
- 宇井忠英, 1967, 鹿児島県指宿地方の地質. *地質雑*, **73**, 477-490.
- 和田恵治, 1989, 雌阿寒岳外輪山形成期における不均質なマグマの混合メカニズム. *火山*, **34**, 89-104.