

雲仙普賢岳噴火，1993年10月～1994年2月の
地質岩学的観察記録*

Geological report of eruption at Unzen
Volcano during
October 1993–February 1994.

九州大学理学部地球惑星科学科
東京大学地震研究所
大学合同観測班地質グループ

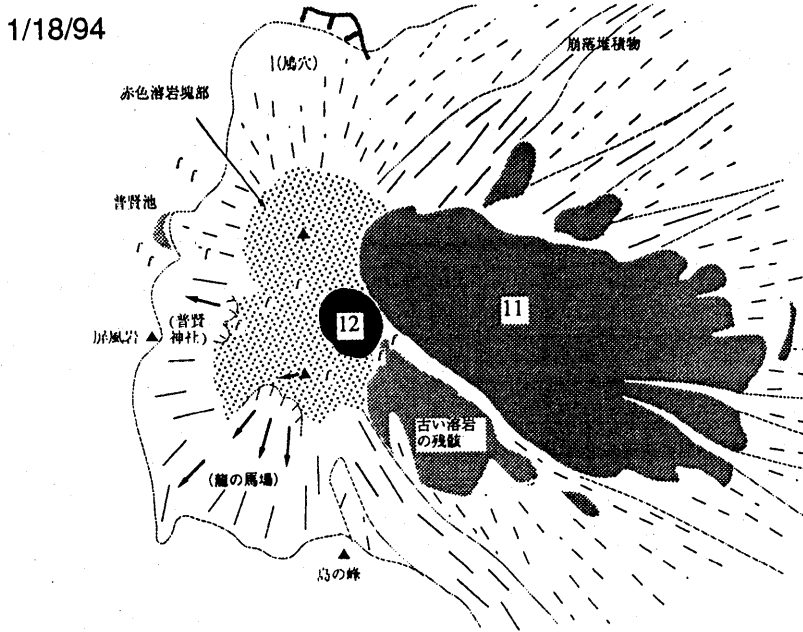
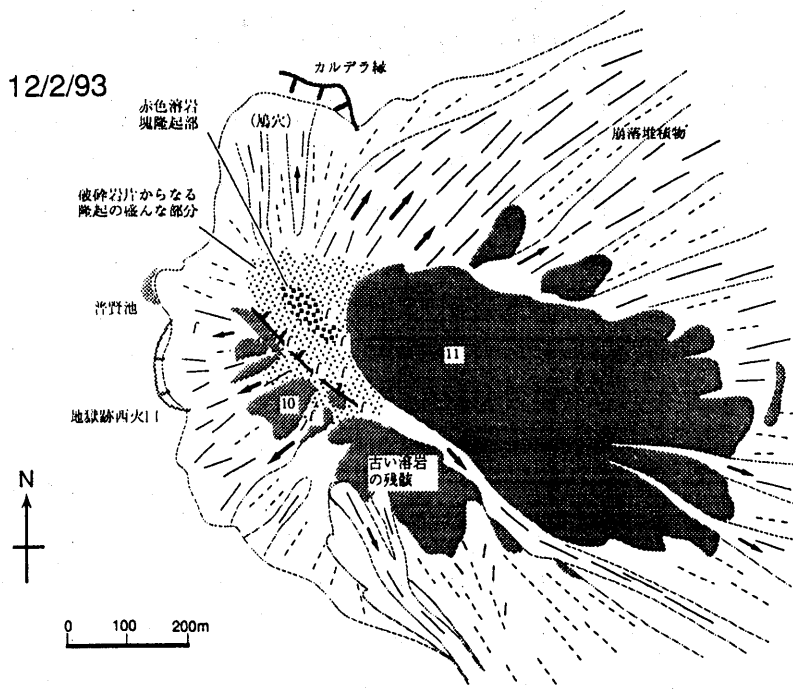
Department of Earth and Planetary Sciences,
Faculty of Science, Kyushu University
Earthquake Research Institute, University of Tokyo
Geological Party of the Joint University Reserach Group

1. 噴火の経緯

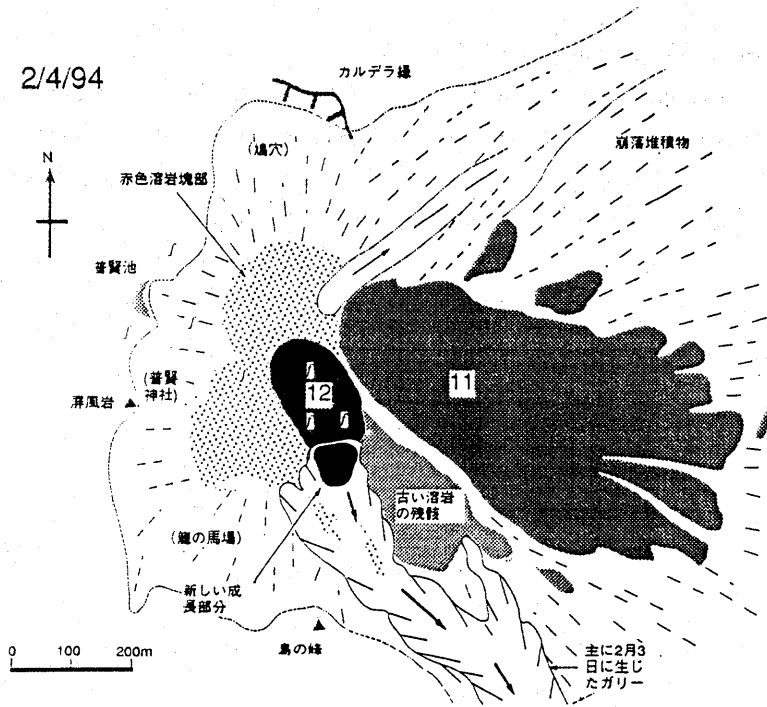
普賢岳では、1993年11月頃から山頂に形成されている溶岩ドームの内成的成長が始まった。10月頃までにそれまで成長していた第11ローブの成長は止んだ。内成的成長は溶岩ドームの南西側部分の隆起膨張をひきおこした(第1図)。内成的成長は1994年1月始めにはおさまり、1月15日にはドーム中央にできたくぼ地に第12ローブが出現した(第2図)。新しいローブは溶岩塊の集合で菊の花のような形状から、後に、中央に双葉が出現し、2月初旬にはその成長をほとんどやめた。溶岩の湧きだし口は元の地獄跡火口から東に伸びる線上とそこから南北に広がる部分からであり、12ローブもこれに従っている(第3図)。

火砕流：内成的成長ともなって、南西側に崩落が進み、1月20日には火砕流が、普賢岳の南斜面を流れ下り、赤松谷上流に達した。また、1月末から2月始めにかけて、南東側の崖錐が表層雪崩のように連続的に崩落した(第12図参照)。この時には、本質物質は極めて少なく、崖錐中の古い溶岩塊のほか、先史堆積物も含まれた。また、2月6日には、ドームの北側崖錐が崩れて、古焼溶岩の脇(カルデラ縁の北切れ込み)を通して流れる火砕流が発生した。

* Received 15 Apr., 1994

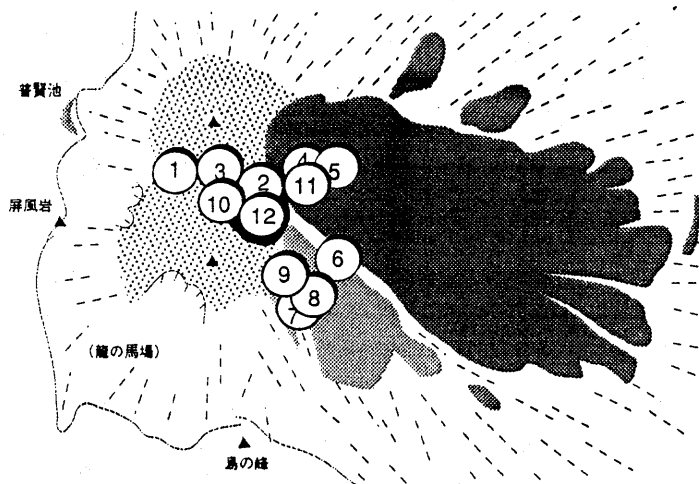


第 1 図 1993年12月～1994年1月までの溶岩ドームの推移 (平面スケッチ)
Fig. 1 Horizontal sketches of lava dome in December 1993 and January 1994.



第 2 図 1994年2月4日の溶岩ドームの平面スケッチ

Fig. 2 Horizontal sketch of lava dome on 4 February 1994.

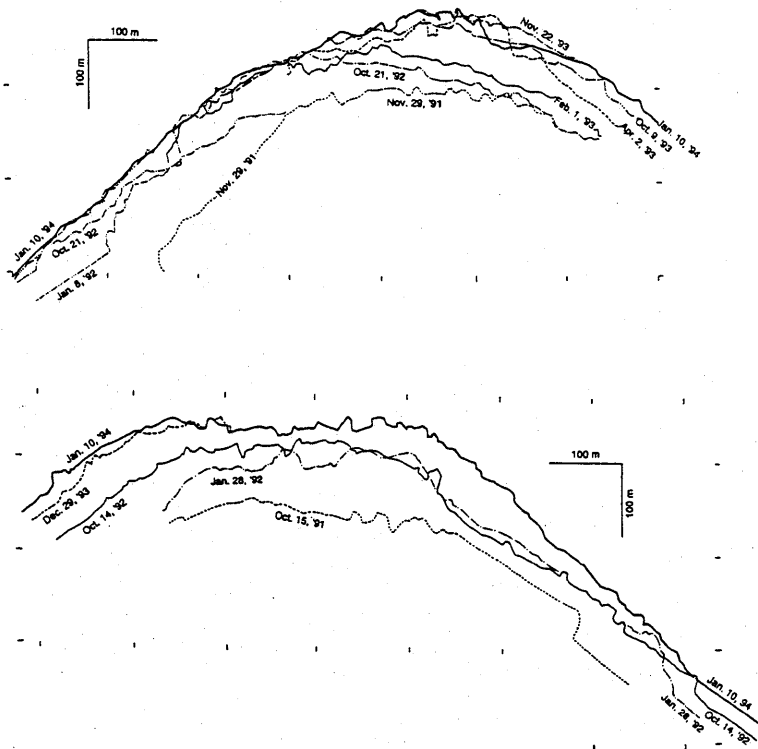


第 3 図 各溶岩ローブ湧きだし口の位置図。(番号は各ローブの番号に対応。ドーム図は1993年12月上旬)

Fig. 3 Illustration showing magma supply vents. Circles with numbers represent the vents of lobes with those numbers. Horizontal sketch is of early December 1993.

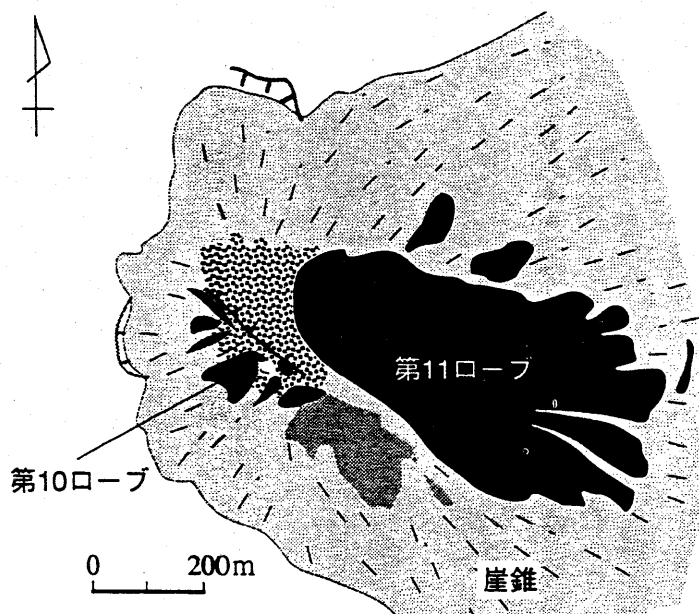
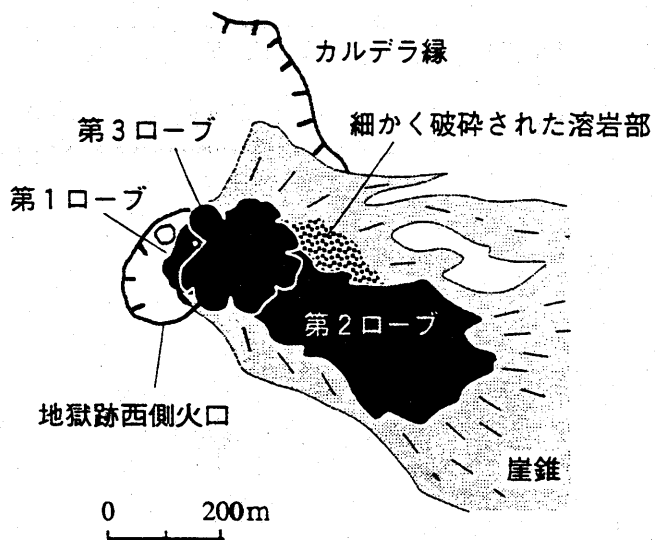
2. 溶岩の噴出率と溶岩ドームの成長様式

溶岩ドームは2年半の間に東西1 km, 南北800 m, 高さ200~400 mになった(第4, 5図)。溶岩の噴出率は増減を繰り返すが大きくは3つの波がある。最初の600日頃までの単調な第1波, 600~900日頃までの第2波, それ以降の内成的成長で特徴付けられる第3波である。溶岩ドームは時間と共に高度をかき上げ, 1994年2月始めには1,430 m近くまでに達した。1993年3~4月, 1993年11月~1月に起きた内成的な成長は溶岩ドームの高度が凡そ1,420 mを上回った頃から開始したように見える。第8図には各溶岩ロープの大きさの時間変化を示した。11ロープはこの図では単調な成長曲線とはならない。11ロープの成長は3つのロープに分けたほうがよいと思われる。各ロープの成長パターンは第9図に示す合衆国セントヘレンズ山の溶岩ドーム全体の成長パターンともよく似ている。後者の後期の大きさに現在の普賢岳溶岩ドームは近づいた(第9図右端)。

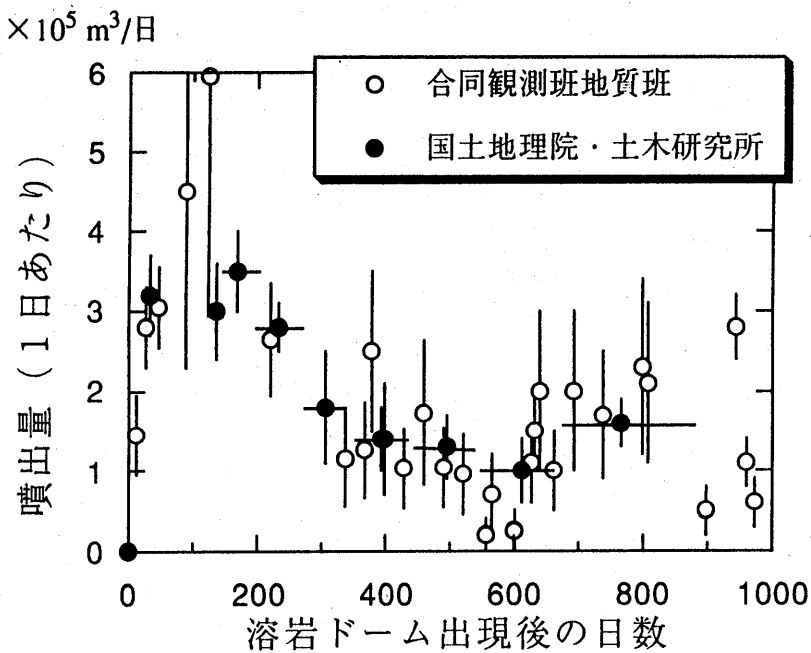


第4図 セオドライト測量による溶岩ドームの推移。シルエットのみを示した。(上)北東側シルエットは島原警察署から測量。(下)南東側シルエットは深江町浄化センターから測量。後者の1991年10月分は鈴木貞臣氏による。

Fig. 4 Theodolite survey showing lava dome growth. (Upper) northeastern silhouette from the Shimabara Police Station. (Lower) southeastern silhouettes from the Fukae-Futsu Sanitation Center. The data for October 1991 were by S. Suzuki.

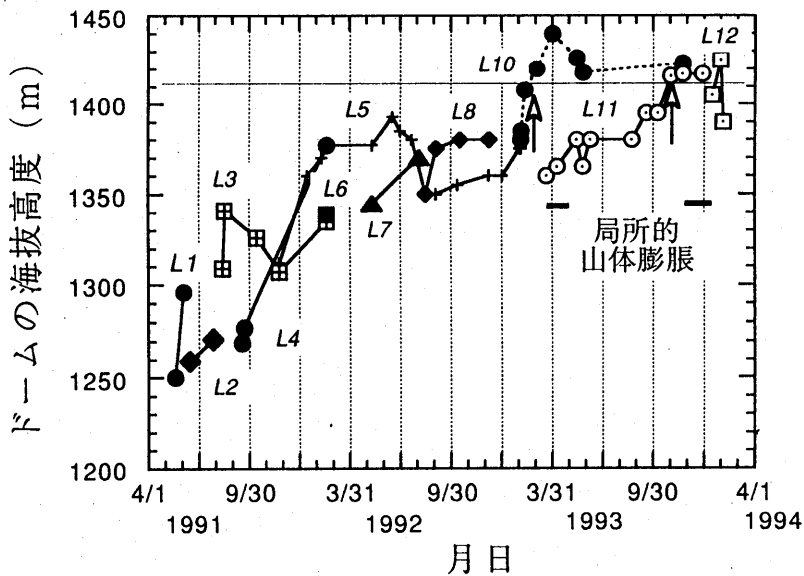


第 5 図 2 年半の間の溶岩ドームの推移。(上) 1991 年 8 月, (下) 1993 年 12 月。
 Fig. 5 Sketches showing lava dome growth during two years and half.
 (Upper) August 1991, (Lower) December 1993.



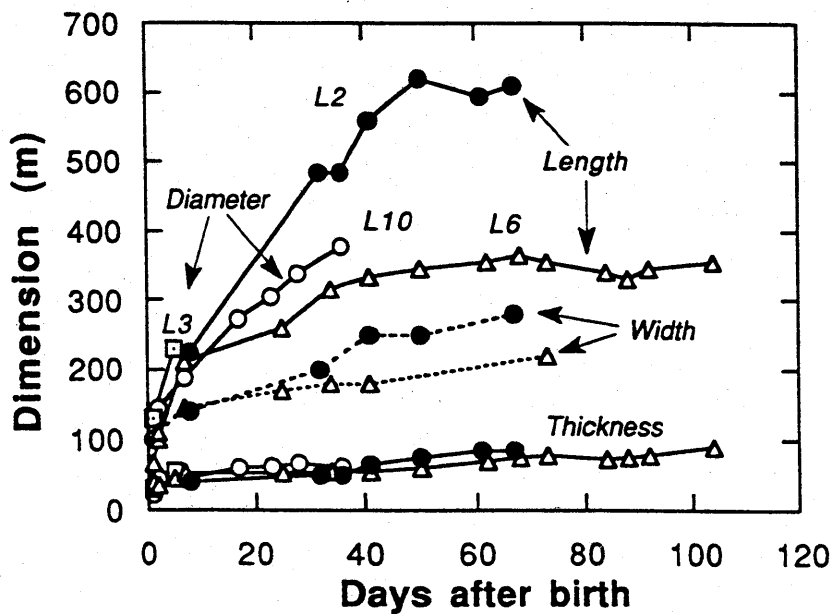
第 6 図 溶岩噴出率の時間変化

Fig. 6 Temporal change in eruption rate. Horizontal axis is days since 20 May 1991.

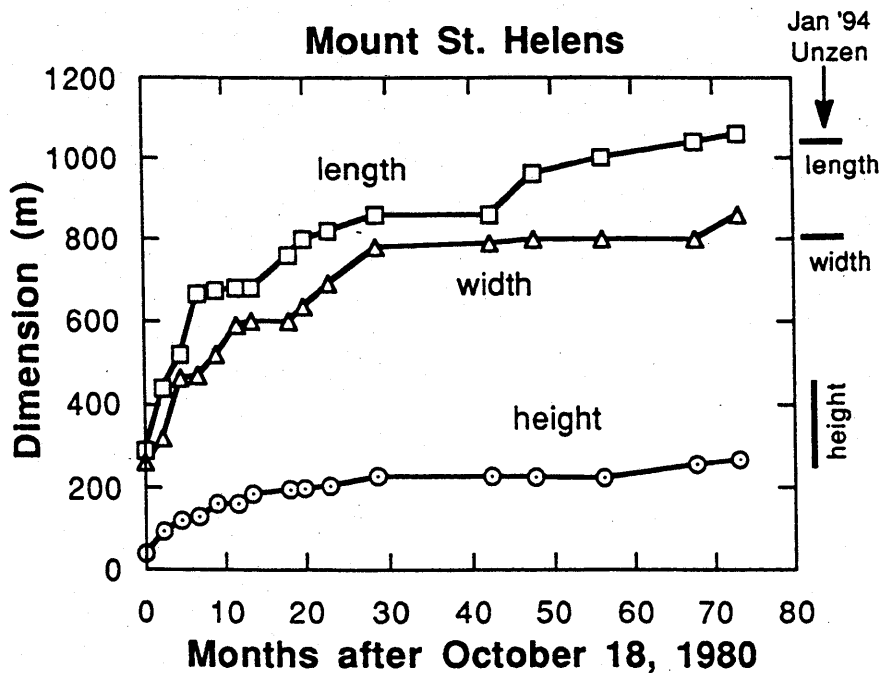


第 7 図 溶岩ロープ湧きだし口標高の時間変化。湧きだし口上の溶岩塊の最高点位置を示している。

Fig. 7 Temporal change in elevation of magma supply vents. Numbers following "L" represent lobe's numbers.



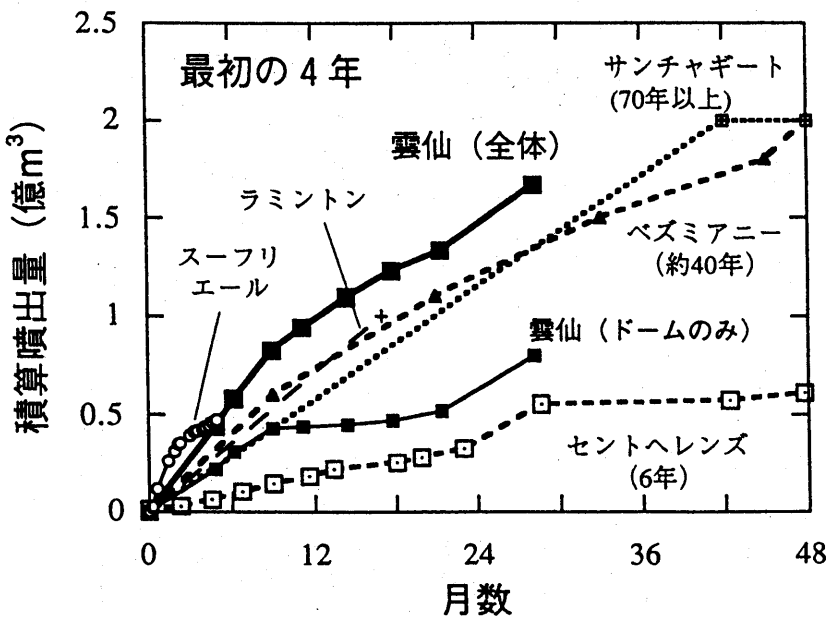
第 8 図 各溶岩ローブの大きさ（長さ，幅，高さ）の時間変化
 Fig. 8 Temporal change in dimensions of lobes.



第 9 図 セントヘレンズ火山における溶岩ドームの大きさの時間変化。右側に 1994 年 1 月時点の普賢岳ドームの大きさを示した。
 Fig. 9 Temporal change of lava dome size at Mount St. Helens. On the right is the dimension of the Unzen dome in the early-1994.

3. 世界の溶岩ドーム噴火との比較

今回の溶岩の噴出率を世界の溶岩ドーム噴火の例と比べてみると、噴出率は高い部類に入る(第10図)。ただし、噴火の継続時間と噴出率の高低は特に関連がない。セントビンセント島スーフリエール火山では高い噴出率で溶岩ドームが形成されたが約半年間で活動が停止した。また、一見長期化している噴火でも、大きさの測定回数が極めて少ないなど情報が少ない。ベズミアニー火山は似たような噴出率を持つが、実際には、当初から1~2年の断続的な活動をしている。さらに、多くの溶岩ドーム噴火はドーム形成前に大爆発を伴っている。これらの点で、普賢岳噴火は世界の溶岩ドーム噴火と大きな違いがある。

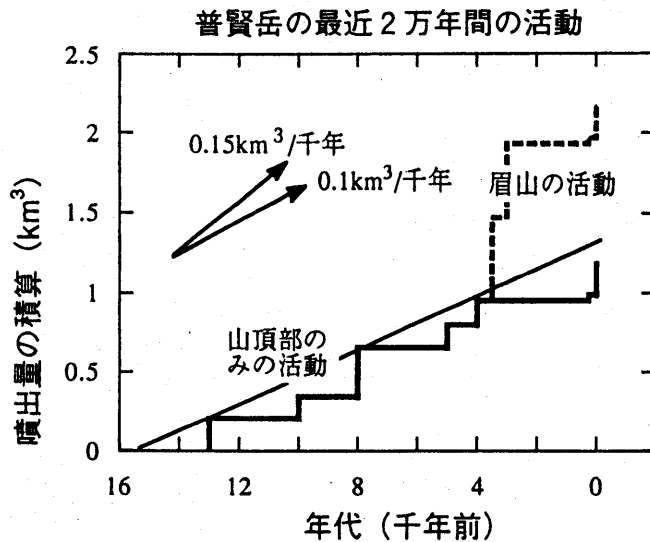


第10図 世界の溶岩ドーム噴火と雲仙普賢岳噴火の噴出量比較。最初の4年だけを示した。()の数字は噴火の継続期間。

Fig.10 Cumulative volume of lava vs. time plot for lava dome eruptions in the world during the first 4 years. Thick line with solid squares = Unzen, dot line with square/cross = Santiaquito, dashed line with triangles = Bezymianny, dashed line with open squares = Mount St. Helens, light dashed line with a cross = Lamington, light line with small open circles = Soufrier at St. Vincent.

4. 過去2万年間における普賢岳のマグマ噴出率

雲仙火山は約50万年前から活動を開始し、活動中心は西から東へ移ってきた。普賢岳を中心とする活動は約10万年前から始まる。妙見カルデラ形成以降の活動は普賢岳を中心とするものと、眉山を作った活動とに区別される。それぞれの活動年代と噴出量を第1表に示した。過去の溶岩ドーム形成時の総噴出量は現在の溶岩ドームと総噴出の値を外挿して計算した。眉山の噴出量が飛び抜けて大きいことが分かる。第11図の階段ダイアグラムでその違いがよく分かる。眉山の活動場所や活動様式が普賢岳中心とは異なるため、別のマグマ供給システムと考えられる。普賢岳を中心とする活動の溶岩噴出率（第11図の階段の角を通過する線）は千年間に 0.1 km^3 をやや下回る。これは雲仙火山全体の噴出率（約 0.15 km^3 ）より低く、ここ10万年の間の噴出率（約 0.10 km^3 ）とほぼ等しい。



第 11 図 普賢岳における最近 2 万年間の溶岩噴出量と時間の関係。(第 1 表参照)。矢印は雲仙火山における 50 万年間 ($0.15 \text{ km}^3 / \text{千年}$) と 10 万年間 ($0.1 \text{ km}^3 / \text{千年}$) の平均噴出速度。

Fig. 11 Cumulative volume of lava vs. time plot for the Unzen activity during these 20 thousand years. Data from table 1. Magmatic system around Mt. Fugen with the eruption rate of $0.08 \text{ km}^3 / \text{ka}$ probably is different from that at Mt. Mayuyama. Eruption rates for 500 thousand years and 100 years at Unzen Volcano are 0.15 and $0.10 \text{ km}^3 / \text{ka}$, respectively.

第 1 表 普賢岳で最近 2 万年間に生じた溶岩の年代と噴出量

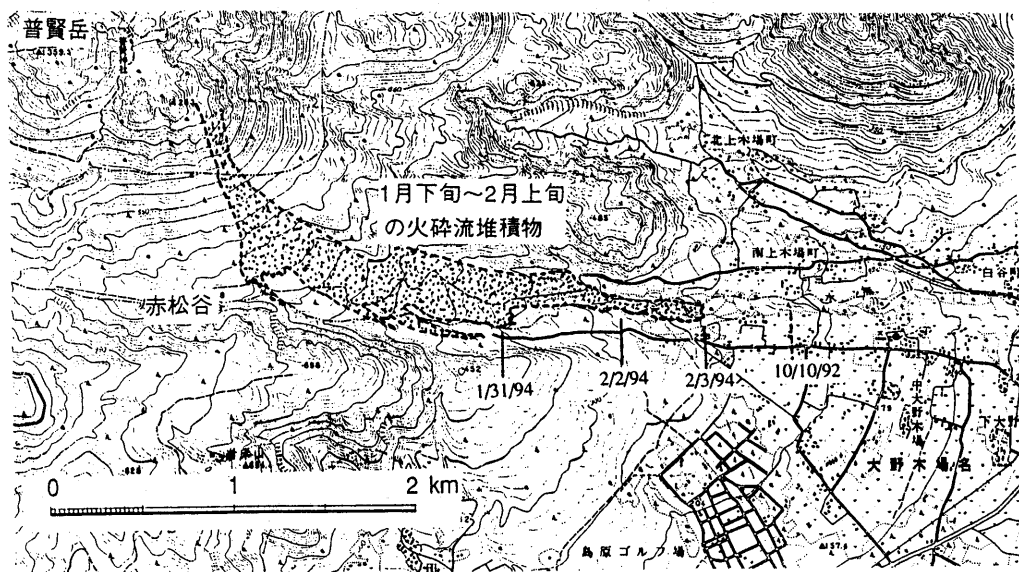
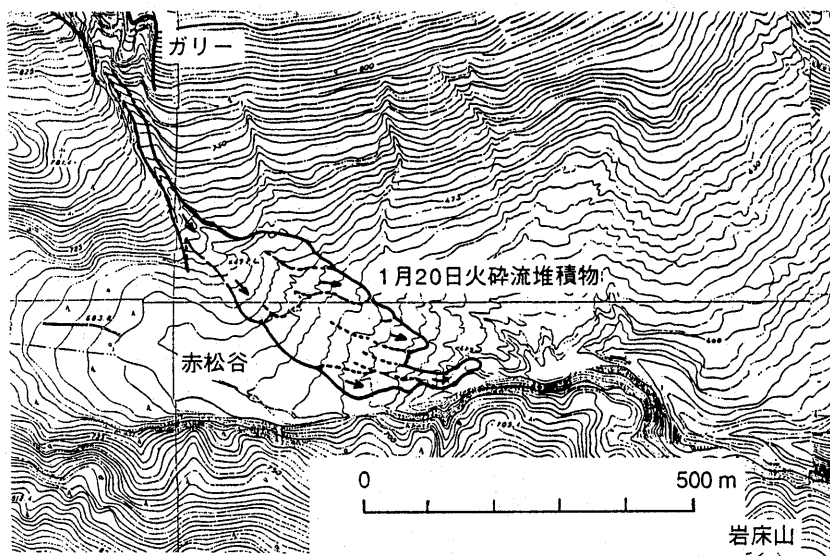
Table 1 Age and eruption volume of lavas for these 20 thousand years

溶岩名	年代 (千年前)	現存 (億m ³)	推定 (現存/0.4)
千本木溶岩	FT 13(4)	1.4	
普賢池北溶岩	¹⁴ C 13.8(0.3)* TL 9.7(2.2)*, 11(3)*	0.84	2.1
普賢岳溶岩	普賢池北後, 島の峰前	1.2	3.1
島の峰溶岩	FT 6(3), ¹⁴ C 4.3(0.1)*, 4.0(0.1)*	0.63	1.6
稻生山溶岩	新しいがK-Ahより古い**	1.4	
眉山 (七面山)	¹⁴ C 4*, FT 5.1(1.5)* TL 3.1-3.4(0.9-1.3), 3.5(1.5)*	5.2	
眉山 (天狗山)	TL 2.7-3.2(0.9-1.1)	4.6	
有史溶岩	1663, 1792	0.35	
現在の活動		0.7(トーム)	1.8

¹⁴C: 炭素同位体年代. TL: 熱ルミネッセンス年代. FT: フィッシュントラック年代. FT年代は最新のものだけに限った. *は崩落堆積物について得た年代. ()内の数字は誤差を示す. 年代値は小林・加藤 (1986), 小林・中田 (1991), 壇原 (1993), Takashima and Watanabe (1994) から引用. **尾関 (1992) による. カルデラ内の溶岩の現存体積は標高 1,000m以上を計算.

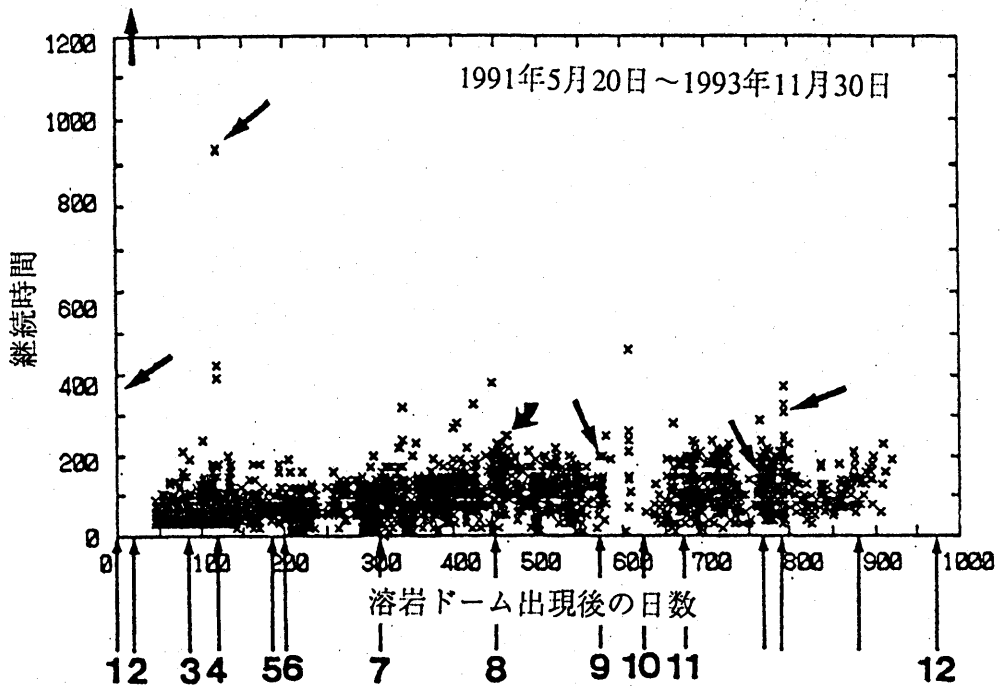
5. 火砕流の性質

1994年1月末から2月始めにかけておきた火砕流の分布範囲を第12図に示した。到達距離が時間と共に増えているのが分かる。九州大学島原地震火山観測所の地震計のデータと陸上自衛隊の目視・レーダ観測結果を使用し、神戸大学理学部(宇井)が解析した。これまでに発生した火砕流について振動継続時間と移動距離、落差などの時間関係を第13~16図に示した。火砕流の発生頻度と溶岩噴出速度とは第6図とよい相関がある。すなわち、噴出速度が小さいときには火砕流の発生頻度が極めて少ない。全体を通して火砕流の到達距離が時間と共に増加している(第15図の左上)。新しいローブが出現すると火砕流の落差/到達距離比が小さくなる傾向にある(第16図)。



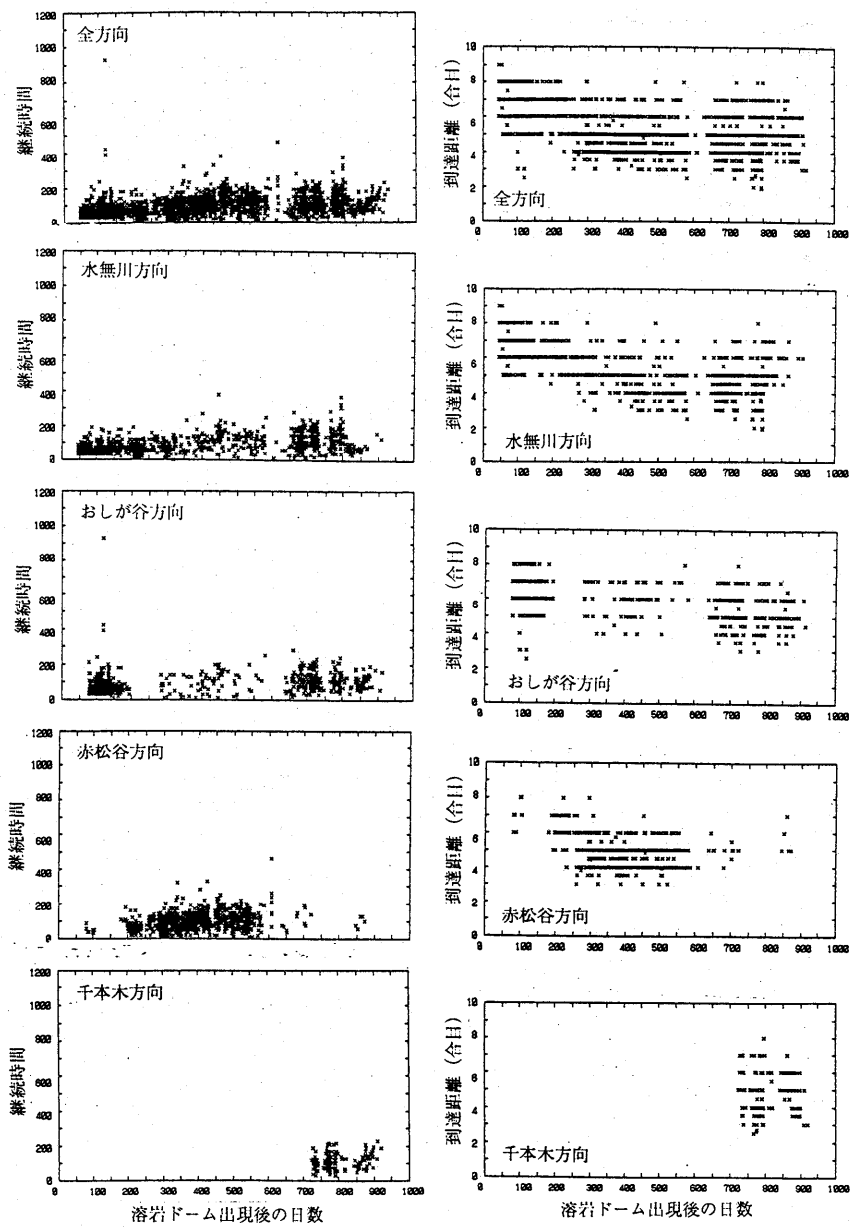
第 12 図 1994 年 1 月下旬から 2 月上旬にかけて赤松谷に流れ下った火砕流堆積物の分布と到達点。赤松谷で最も長く流れた火砕流は 1992 年 10 月 10 日。

Fig.12 Map showing distribution of pyroclastic flows which descended along the Akamatsu-dani valley in January and February 1994.



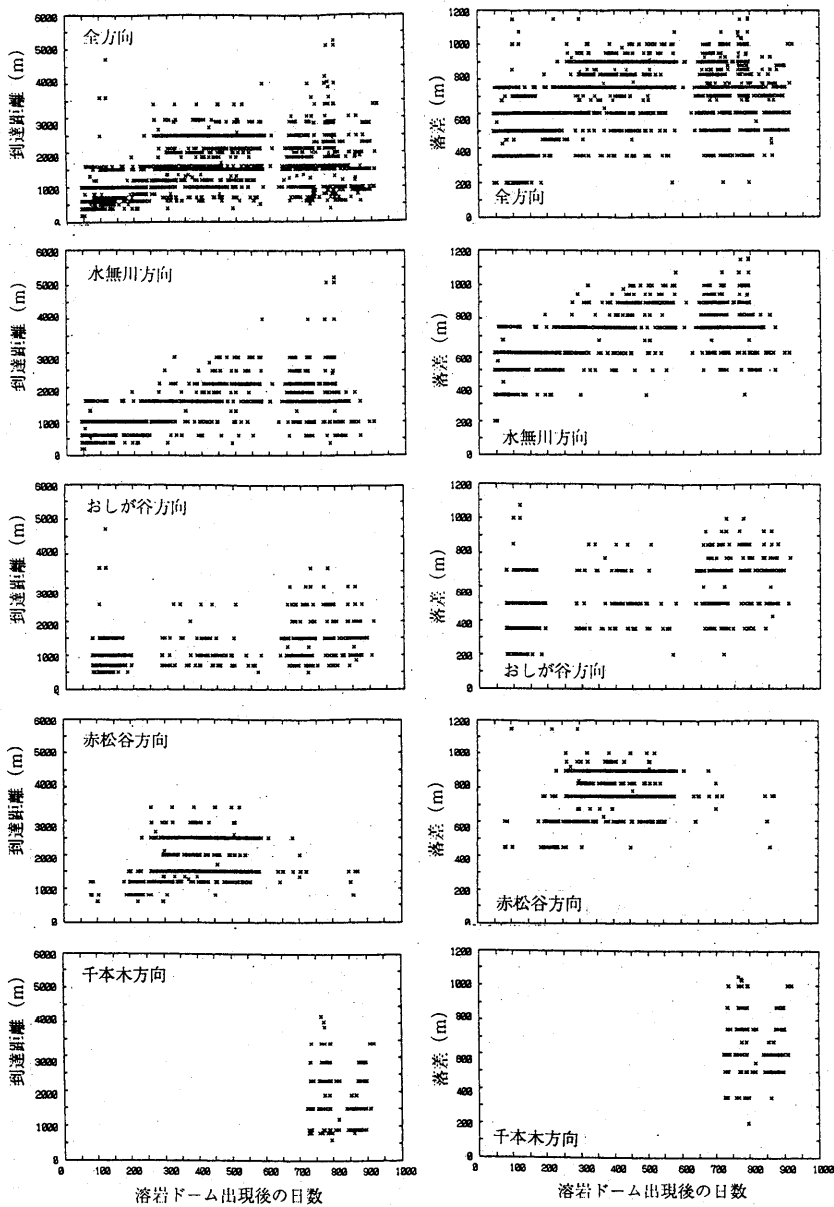
第 13 図 火砕流流下に伴う振動継続時間(秒)と溶岩ドーム出現後の日数との関係。全方向について示した。下の太数字は各溶岩ローブの出現日。図中の矢印は大きめの火砕流を示す。(神戸大学理学部と九大島原地震火山観測所による)

Fig.13 Temporal change in duration time of seismic signals during flowage of all pyroclastic flows. Vertical axis is duration time(s), and horizontal axis is days since 20 May 1991. Arrows of numbers at the bottom represent the birthdays of lobes. Thick arrows show relatively large pyroclastic flows. (After Faculty of Science, Kobe University, and SEVO, Kyushu University).



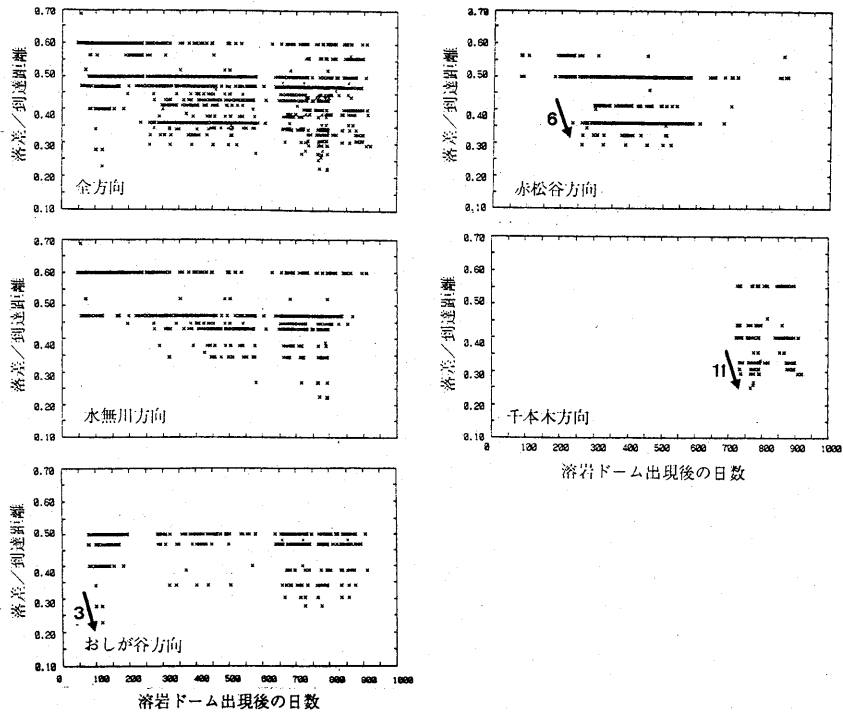
第 14 図 火砕流流下に伴う振動継続時間（左）および火砕流の先端到達地点（右）と溶岩ドーム出現後日数との関係（方向別）。振動継続時間は秒，到達地点は合目で示した。（神戸大学理学部と九大島原地震火山観測所による。方向と到達地点は陸上自衛隊による）

Fig. 14 Duration times (left) and travel distances (right) of pyroclastic flows for all directions (top) and each direction (Mizunashi, Oshiga-dani, Akamatsu-dani, and Senbongi, downward). Travel distances which were observed by the Ground Self-Defense Force are shown as height divisions up to the summit crater (1,250m)



第 15 図 火砕流の先端の到達距離 (左) および流下高度差 (右) と溶岩ドーム出現後日数との関係。距離は合目から換算。出発点は全て元の地獄跡火口の高度としている。(神戸大学理学部と九大島原地震火山観測所による)

Fig. 15 Travel distances (left) and height differences (right) for pyroclastic flows. Distances were calculated from height divisions.



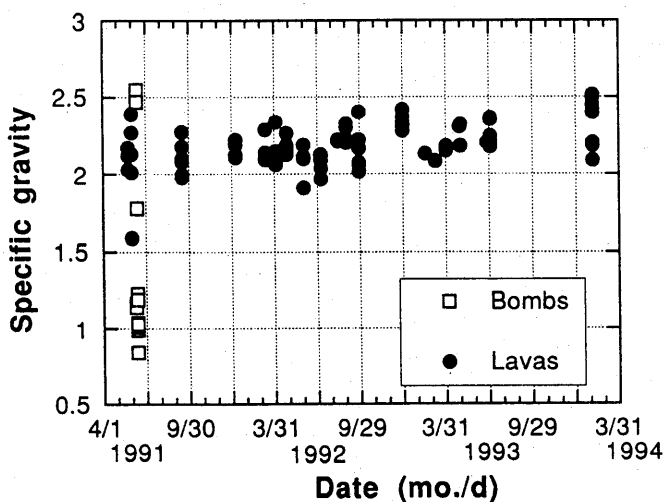
第 16 図 火砕流が流下した高度差 / 到達距離と溶岩ドーム出現後日数との関係。矢印は番号で示した溶岩ローブの出現後に見られた傾向。(神戸大学理学部と九大島原地震火山観測所による)

Fig.16 Height difference / travel distance ratios for pyroclastic flows. Arrows with numbers represent tendency seen just after the appearance of lobes with those numbers.

6. 溶岩の比重と化学組成変化

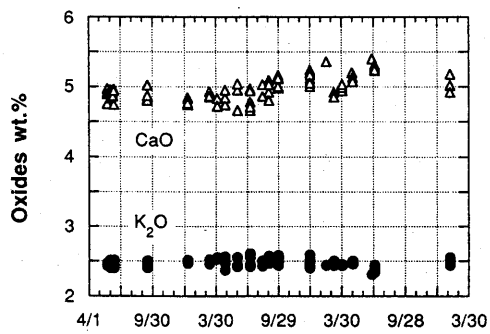
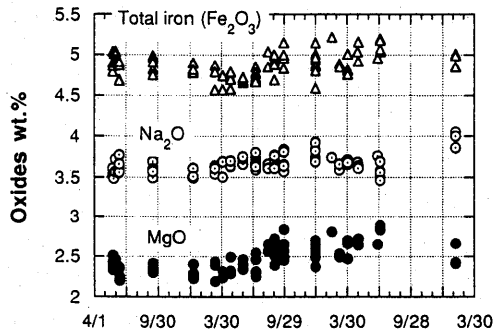
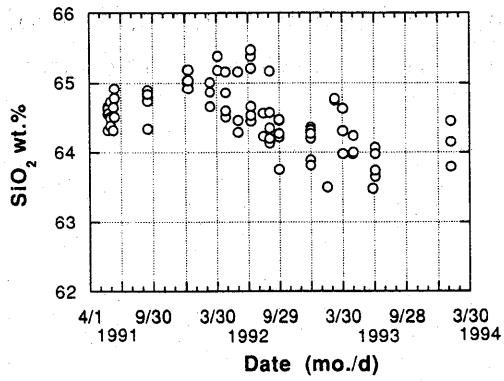
第12ロープの溶岩を2月3日に発生した火砕流堆積物中から、本物質と思われる極めて熱い溶岩試料を採取・分析し、これまでの分析結果と比べた。比重はこれまでの溶岩と大きくは変わらないが、1991年6月11日の噴石中の密な黒っぽい火山弾と同様の大きい比重を示すものがある(第17図)。鏡下では2月3日の密なものとは6月11日のものが極めてよく似ており、石基に気泡が少ないのが特徴である。ただし、2月3日の密なものは有色鉱物の壁開や隙間、および石基中に細かい鉄チタン酸化物が存在する。これは、地下浅所で高温酸化を受けたことを示している。2月3日の試料の内、比重の大きくない試料は酸化を受けていない。

全岩化学組成もこれまでのものと大きくは変わらない(第18図)。1992年の始めから珪酸分が減る傾向にあったが、今回採取したものはこの傾向とは異なり、珪酸分がやや多くなる。同様の傾向は他の元素についても認められる。



第17図 溶岩の見かけ比重の時間変化(1993年2月3日のものも含む)

Fig.17 Temporal change in apparent specific gravity of lavas and bombs of this eruption.



第 18 図 溶岩の化学組成の時間変化
 Fig.18 Temporal change in bulk-rock chemistry of lavas.