

浅間山 2004 年噴火と過去の噴火との比較による活動評価

中田 節也*・吉本 充宏*・小山 悦郎*・辻 浩*・卜部 卓*

(2005 年 4 月 27 日受付, 2005 年 7 月 15 日受理)

Comparative Study of the 2004 Eruption with Old Eruptions at Asama Volcano
and the Activity EvaluationSetsuya NAKADA*, Mitsuhiro YOSHIMOTO*, Etsuro KOYAMA*,
Hiroshi TSUJI* and Taku URABE*

The eruptive activity at Asama that started on 1 September 2004 was characterized by several vulcanian small explosions, including a continuous strombolian-explosion period. About $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ of magma (DRE) was issued in this eruption, most of which filled the summit crater floor. The sequence of eruptive activity was similar to that of the 1973 eruption among previous eruptions at Asama Volcano. However, the two eruptions are different in the following points. 1) Both magnitude of seismic activity and scale of eruption products are small in the 2004 eruption; about half or less than in the 1973 eruption. 2) A-type earthquakes occurred in the later stage of the 2004 eruption, while in the early stage in 1973. 3) Partial melted country rock (rhyolite tuff) is found among the 2004 eruption products but not in the 1973 ones. As the swarm of A-type earthquakes at Asama occurred in the period of inflation detected by GPS in this decade, intrusion of magma in the deep-seated magma reservoir (or dike) was associated with A-type earthquakes. It is likely that the difference of occurrence of the A-type earthquakes in the both eruptions reflect different magma supply rates; larger in the 1973 eruption and smaller but long-lasting in the 2004 eruption. Continuous inflation and occurrence of A-type earthquakes even in 2005 suggest not declining of the eruptive activity but renewal near future.

Key words: Asama volcano, 2004 and 1973 eruptions, A-type earthquakes, sequence of eruptive activity, magma eruption

1. はじめに

浅間山 (Fig. 1) では 19 世紀末から噴火活動がやや活発化し始め, 20 世紀前半には活発な噴火活動が繰り返される時期があった (下鶴・他, 1975; 宮崎, 2003). 1933 年に東京大学地震研究所の火山観測所が開設されて以降, 浅間山における火山噴火とそれに伴う地震観測が精力的に進められてきた. それによると, 20 世紀前半に活発な噴火活動があり, 1 年の多くが噴火日であったこともある (Fig. 2). また, 1930 年代の噴火はその規模も大きく火口から 4 km 近く離れた小浅間や峰ノ茶屋付近にもメーターサイズの火山弾が落下することがしばしばあった (Minakami, 1942). これらの 20 世紀前半の活動に比べて, 1960 年代以降現在までは比較的静穏な時期が

継続している. その間でも 1973, 1982, 1983 年に起きた噴火活動は比較的活発な部類に入る. 2004 年 9 月 1 日から開始した噴火活動は, 噴火規模からすると 1983 年以來のやや大きめのものであった. しかし, 爆発的噴火 1 回のみで終わった 1983 年噴火とは異なり, 2004 年噴火は, 後述するように, 微~中噴火が繰り返され 1973 年以來のマグマ噴火であったと考えられる.

浅間山の噴火は, 1930 年代の噴火観測結果を用いて, 火山弾の飛距離, 空振強度, 爆発地震・音響・微動の有無等から噴火の規模を A~D に区分することを Minakami (1935) が提案している. 一方, 宮崎 (2003) は Minakami の分類にほぼ基づきながら大噴火, 中噴火, 小噴火, 微噴火を提案している. 両分類は完全には対応はしていない

* 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1
東京大学地震研究所火山噴火予知研究推進センター
Earthquake Research Institute, University of Tokyo,
1-1-1 Yayoi, Bunkyo, Tokyo 113-0032, Japan.

Corresponding author: Setsuya Nakada
e-mail: nakada@eri.u-tokyo.ac.jp

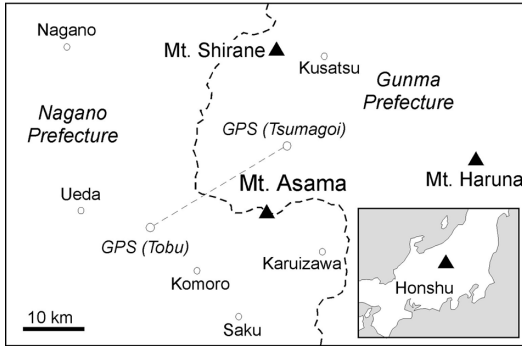


Fig. 1. Index map of Asama Volcano. GPS baseline between Tsumagoi (950221) and Tobu (950268) of Geographical Survey Institute is also shown.

い。例えば、1973年3月10日噴火はBで大噴火であり、1983年4月8日噴火はCで中噴火である。ここでは2004年噴火について、おおむねこれらの基準に従い、中噴火、小噴火、微噴火を用いる。

本論では、2004年9月から起きた一連の火山噴火について総合観測調査によって明らかになった噴出物、地震活動などの特徴について解説し、2004年噴火が浅間山の過去の噴火と比べてどう評価できるのかを示すことにする。それによって、浅間山の今後の活動評価材料としたい。

2. 2004年の噴火活動

2-1 噴火の推移

2004年噴火に先駆けて2000年頃から火口の熱活動が盛んになるとともに、放出されるSO₂の増加が認められた(例えば、気象庁地震火山部火山課・軽井沢測候所, 2004)。2003年2~4月には微噴火が複数認められた。2004年になってから地震活動は高い状態が続いたが、特に最初の噴火が起こった9月1日に向かって顕著に地震活動が高まるような傾向は認められなかった。Fig. 3には地震研究所による浅間山観測網におけるトリガーされた月別地震回数の変化を示している。ここでトリガーデータとは3観測点以上において、振幅トリガーのかかった地震である。このうち比較的S-P時間の明瞭な高周波地震をA型地震(例えば、Minakami *et al.*, 1970)としている。浅間山の1973年噴火に先行してA型地震が増加する傾向が見られた(下鶴・他, 1975)が、今回の噴火では明瞭には認められなかった。しかし、GPSによる浅間山山頂を挟む測線の伸びが7月末から認められていた(青木・他, 2005; 村上, 2005) (Fig. 4)。

9月1日20:02にはブルカノ式噴火が発生し、噴出物

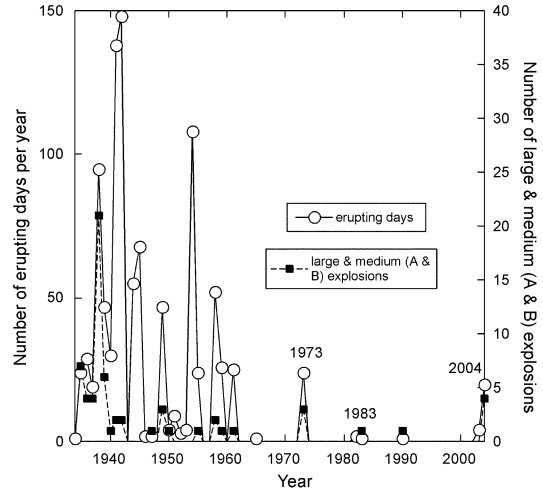


Fig. 2. Yearly numbers of erupting days and large/medium explosions at Asama Volcano. Large and medium explosions were counted, referring to Miyazaki (2003).

は北東方向に流され降灰した(吉本・他, 2005) (Fig. 5)。噴煙高度は約3.5~5.5 kmに達したとされる(例えば、気象庁地震火山部火山課・軽井沢測候所, 2004のまとめ)。その後14日から微~小噴火が発生し始め、16日昼頃から18日早朝にかけて連続的噴火が起こった。この時に起きた活動は、赤熱した火山弾が断続的に飛散する様子を映像から判断する限りは、ストロンボリ式噴火と呼べるものであった。その後9月23日、29日、10月10日、11月14日に主なブルカノ式噴火が起こった。11月14日の噴火は9月1日に次ぐ噴出量であった。気象庁のデータによると2004年の噴火活動が認められたのは12月9日の小噴火までである。今回の噴火によるテフラの総重量は、吉本・他(2005)によると約16万t程度である。今回の噴火に関与した溶岩は安山岩質であり(Table 1)(嶋野・他, 2005)、最近1万年間に活動している前掛火山の溶岩の組成範囲(高橋・他, 2003)に入っている。

2-2 山頂火口の様子

9月1日噴火後、少なくとも9月13日午後までには溶岩が山頂火口に出現していないことが地震研究所の現地調査で確認されている(Fig. 6a1, 拡大図はa2)。9月1日噴火によって吹き飛ばされた火口は山頂火口の東側に偏っており、噴火前から噴気温度が高かった場所、A、C噴気孔の中間(気象庁地震火山部火山課・軽井沢測候所, 2004)に相当し、熱画像でも高温域となっている(Fig. 6a3)。9月1日噴火ではマグマ物質ではなく、母岩に由来する大量の岩片が放出されたが、噴火口の底はほ

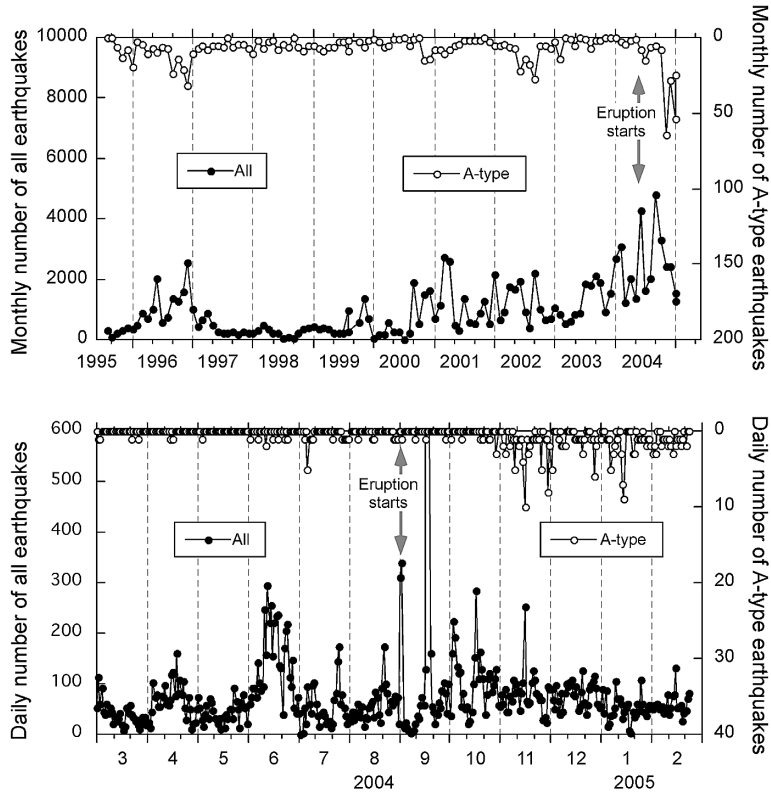


Fig. 3. Temporal variations in monthly number of volcanic earthquakes during these 10 years (top) and the daily number at Asama Volcano (bottom). Earthquakes triggered in automatic processing system (WIN system) of the Asama Volcano Observatory were counted.

とんどえぐれてはなかった。しかし、噴火孔底に赤熱した小孔が複数存在しており、小孔から周囲に開口割れ目が発達していた。これらのことは火口底の物質が地下の溶岩に対して「落とし蓋」のようになり、蓋が溶岩によって突き上げられていた可能性を物語っている。一方、9月16日午前、国土地理院が撮影した合成開口レーダー画像には溶岩ケーキが明瞭に写っていた（国土地理院，2005）。噴出した火山灰中では、15日からは、それまでに主であった外来の石質岩片中に発泡した軽石質の岩片が出現するようになった。さらに、16日にはやや発泡したガラス光沢ある黒灰色のマグマ物質の火山灰だけが占めるようになった（吉本・他，2005；嶋野・他，2005）。このため、16日から開始する連続噴火前に溶岩が火口底に上昇してきていたものと判断される。

国土地理院によると、その後、溶岩ケーキは大きく成長した後、中央部が窪んだ。観測班のヘリコプターの観察によっても中央部が凹んでいることが10月1日以降確認されている（Fig. 7a）。10月29日の地震研究所の現地調査によっても中央部に向かって階段状に溶岩ケーキ

が凹んでいる様子が示され（Fig. 6b2）、また、11月9日の熱画像によってもその凹みが明瞭に示される（Fig. 7c）。このような凹みは一旦火口底に溜まった溶岩が地下へドレーンバックしたために生じたものと考えられる。10月29日の現地調査で新たな溶岩の堆積状況が調べられ、溶岩が達した最高標高は火口壁北側で高々約2,420 mであった。このため、火口縁（2,494 m）との高度差は約70 mあったことになる。10月29日時点の現地での簡易測量によると、火口底中央部の標高は2,395 m（誤差は20 m程度）であった。このため、今回の噴火で火口底は約80 m上昇したことになり、2,395 mまで水平に溶岩が溜まったと仮定すると、体積は約190万 m^3 （約480万t）になる（国土地理院資料によると210万 m^3 ）。この量は、一連の爆発的噴火で火口の外に放出された噴出物量（約16万t）よりは桁で大きいことになり、総噴出量は溶岩換算で約200万 m^3 となる。

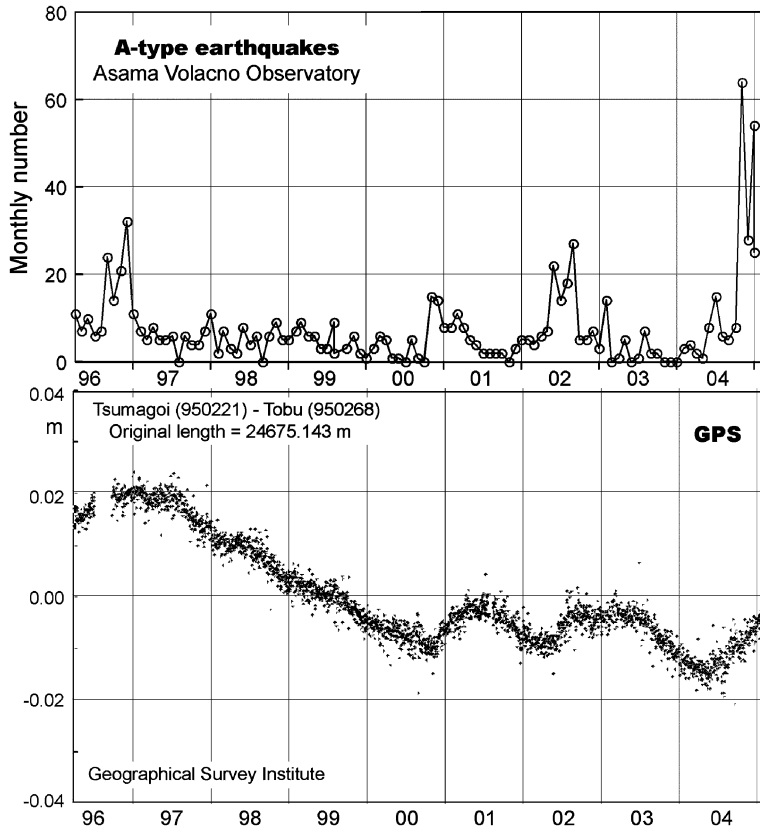


Fig. 4. Temporal variations in monthly number of the A-type earthquakes and in length of the baseline between Tsumagoi and Tobu in the GPS network by the Geographical Survey Institute, Japan (Fig. 1). The latter data were from Geographical Survey Institute (2005). The former is the same as in Fig. 3.

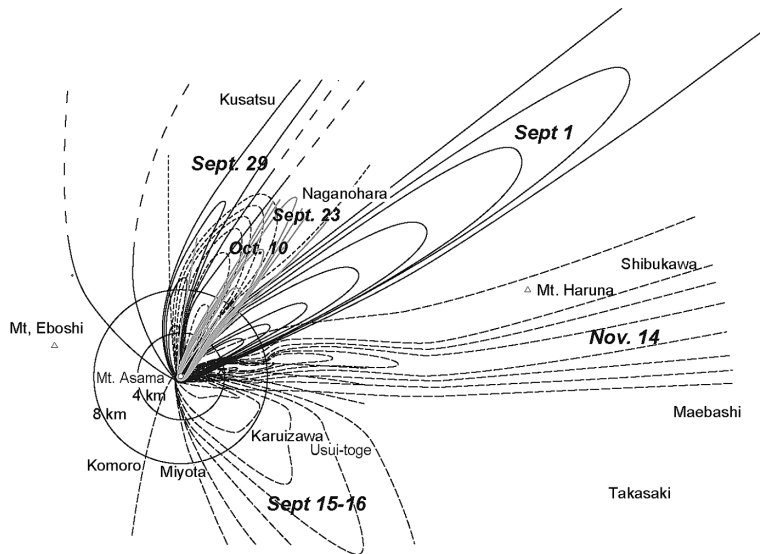


Fig. 5. Distribution of tephra from major explosive events in the 2004 eruption at Asama Volcano. Curves for the distribution limit and contours of tephra weight (in unit area) are shown; see Yoshimoto *et al.* (2005) for the detail.

Table 1. Whole-rock compositions of products of the 1973 and 2004 eruptions.

Eruption	1973			2004			
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Major element (wt. %: recalculated into 100%)</i>							
SiO ₂	60.42	60.35	60.31	61.47	61.50	61.58	76.15
TiO ₂	0.72	0.73	0.73	0.72	0.71	0.71	0.52
Al ₂ O ₃	16.58	15.68	16.57	15.96	16.20	16.22	13.00
FeO*	6.42	6.91	6.57	6.41	6.30	6.27	3.85
MnO	0.12	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11	0.03
MgO	4.09	4.63	4.14	4.07	3.85	3.83	1.47
CaO	7.15	7.18	7.09	6.69	6.69	6.64	0.86
Na ₂ O	3.21	3.11	3.20	3.16	3.21	3.20	1.88
K ₂ O	1.17	1.16	1.16	1.29	1.31	1.31	2.13
P ₂ O ₅	0.12	0.11	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10
Original sum	99.50	99.59	99.50	99.31	99.54	99.83	99.28
<i>Trace element (ppm)</i>							
Ba	259	254	286	268	278	294	314
Co	23	27	26	22	22	21	10
Cr	61	67	60	62	56	55	54
Cu	68	59	68	46	47	47	26
Nb	3	3	3	4	4	4	10
Sc	21	25	19	20	20	22	10
V	184	195	187	178	170	176	100
Ni	40	42	39	37	34	35	29
Zn	68	73	69	71	68	69	74
Rb	29	28	28	32	32	33	82
Zr	92	92	92	99	101	100	113
Sr	328	307	330	301	306	306	115
Y	19	21	19	21	20	21	31

* total iron as FeO

1: Dense lapilli erupted on 1 February 1973, Manzanbo (ASM730201)

2: Dense lappili erupted on 10 March 1973, Manzanbo (ASM730310-01)

3: Pumiceous lapilli on 10 March 1973, collected in AVO (ASM7311W)

4: Pumiceous bomb erupted on 1 September, Maekakeyama (AS040913-2)

5: Glassy dense bomb erupted on 1 September, Maekakeyama (AS041029-5)

6: Dense lapilli erupted on 14 November, near AVO (ASO41114-341-B)

7: White xenolith in glassy dense bomb, Maekakeyama (AS041029-34)

3. 過去の噴火との比較

3-1 最近 50 年間の噴火活動

2004 年噴火が 20 世紀初頭と同様な活発な時期に突入する兆しであるのか、あるいは、ここ約 50 年間に起こったいくつかの短期的噴火イベントと同じ範疇にあるのかについて見定めることが重要である。Fig. 8 には、最近 50 年間の主な噴火イベントのうち、1950 年、1958 年、1973 年噴火と 2004 年噴火の噴火回数の日変化を比較した。

1950 年噴火は 1949 年噴火に引き続くものであり、9 月 23 日の大噴火によって始まった。噴煙は 6 km まで上昇した。火口から東へ 9 km 離れた長日向で径 6 cm の礫が降った。現在の山頂火口の北縁に乗っている巨大岩塊（通称千トン岩；実際は約 3,000 t）はこの時の爆発で放出されたものである。その後、小噴火が 12 月まで続いた。1954 年、1955 年、1958 年、1959 年、1961 年には噴火が断続的に数ヶ月続き、ストロンボリ式噴火を含んで噴火

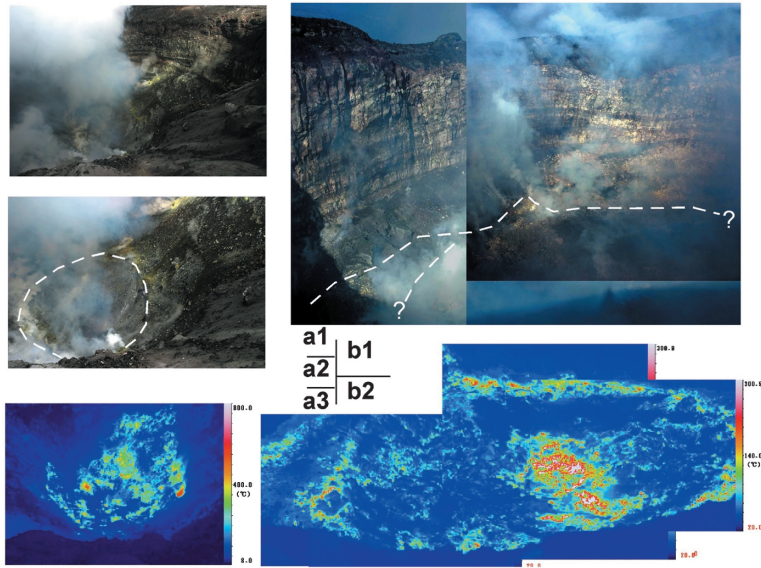


Fig. 6. Photographs and infrared camera images of the summit crater at Asama on 13 September 2004 (a1–3) and 29 October 2004 (b1–2). a) Southeastern part of crater wall and bottom from the western crater rim. Dash-line rims the crater of the 1 September eruption in the close-up view (a2). Color scale of thermal image a3 covers 0–800°C. b) Northern to northwestern part of the crater wall and bottom from the southwestern crater rim. Dash lines show the margin of lava cake. Color scale of thermal image b2 covers 20–300°C. Temperature image was taken with an infrared camera (AVIO Neothermo TVS-620).

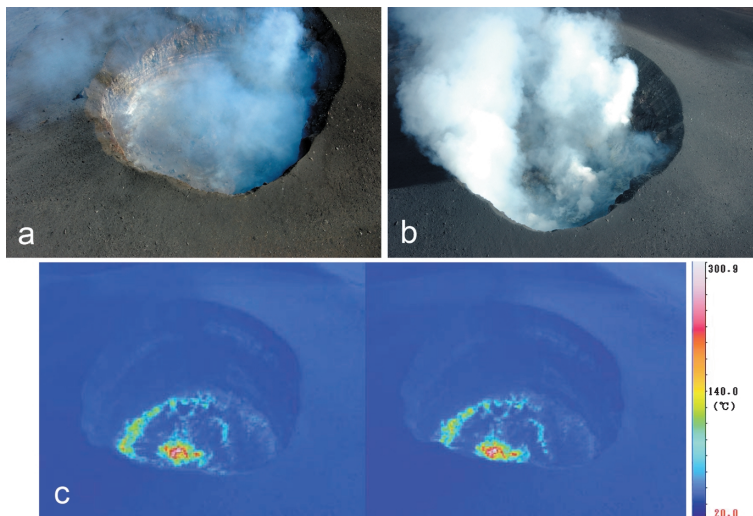


Fig. 7. Air views of the summit crater on 1 October (upper left) and 9 November (upper right), and infrared camera (stereographic) images on 9 November (lower). North is lower left. The crater floor is convex downward with the vent (hottest spots) in the center and fumaroles (bright spotted line) along the periphery of the crater floor (lava cake). Taken from helicopters of Tokyo Shimbun and Asahi Air Survey Co. Ltd.

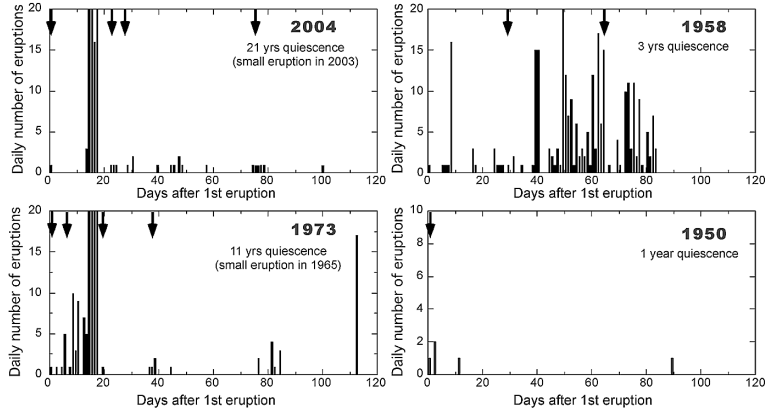


Fig. 8. Comparison of daily number of explosions in recent four major eruptions. Arrows show dates of intermediate explosions. Data except for the 2004 eruption were after Miyazaki (2003).

回数は数十回以上になった（宮崎，2003）。このうち、1958年噴火は約3年の静穏期を経て10月初旬の小噴火によって開始した。噴火は次第に激しくなりながら12月下旬まで続いた。大噴火は11月10日と12月5日に起こった。11月10日の噴火では、噴煙高度が6–8 kmに達し、重さ6 tの溶岩塊が火口から3.8 kmの地点まで達した。1973年噴火は1961年の主な噴火から11年の期間をおいて中噴火により開始した。その後、2回の中噴火、2日間以上の連続的小・微噴火を挟んで、約4ヶ月間続いた。1973年のこのような噴火の推移は2004年噴火に極めて近いものである（Fig. 8）。1973年噴火については次にさらに詳しく述べる。

このほか単発的な噴火活動ではあるが、1982年には4月26日と10月2日に、それぞれ、中噴火と微噴火が起こり、4月の噴火では小火砕流が発生した。1983年4月8日にも中噴火が起こり関東で降灰した。この噴火の噴出物量は概算で12–15万tと見積もられている（荒牧・早川，1983）。堆積物のアイソパック比較によると1983年4月8日噴火は2004年9月1日より規模が大きい。

ここ50年間の噴火のうち、軽石質火山弾や火山灰などマグマ物質が出現したことが明確な噴火は1973年と2004年噴火のほかに、1954–61年噴火がある。1954–61年の噴火では火口底での溶岩の確認、ストロンボリ式噴火の発生、パン皮火山弾の大量放出などから、マグマが直接関与したと考えられる。しかし、それ以外の単発的（例えば1982年、1983年噴火）に起きた噴火はマグマが直接関与していなかった、あるいは、関与してもマグマが噴出しなかった可能性が高い。

3–2 1973年噴火の推移

1961年噴火以来11年ぶりに1973年2月1日から噴火が起こった。1972年12月からは噴煙量が次第に増加し、火映現象が1月末から確認されていた（村井，1974；下鶴・他，1975）。噴火の約3月前には火口底に赤熱した溶岩があることが報告されているが、これまでの浅間山の噴火活動で、爆発的な噴火に先立って火口底に溶岩が突然出現したことはこの例を除いて皆無であるので、単に赤熱現象であった可能性が高い。1973年2月に始まる噴火前には、火山性地震が1972年末に増加し（下鶴・他，1975のFig. 4）1973年1月末には急激に減少していた（Fig. 9）。また、A型地震は1972年11月から増加傾向にあった（下鶴・他，1975のFig. 4）。2月1日夕方に開始した噴火活動は、中～小噴火を繰り返しながら4月26日まで続いた。大きめの爆発は2月1日のほか、6日、3月10日に発生し、いずれも爆発に伴って山の北斜面中腹まで小火砕流が流下した（村井，1974）。2月1日噴火では火口の南東9.5 kmにある千ヶ滝では窓ガラスが20枚も割れるなど大きな空振が記録された。また、2月16日朝から18日夜までは微噴火が数十秒間隔で連続的に起こった。これは当時の目視観測からは明瞭ではないが、地震波形やその発生間隔から2004年と同様のストロンボリ式噴火に相当すると考えられる。3月10日の爆発が一連の噴火では最も大きく、前橋でも径1.5 cmの礫が降った。この噴火活動で、下鶴・他（1975）は、噴火前にB型地震が頻発し、A型地震が先駆していたこと、さらには、噴火中に活発であったB型地震が噴火後に急減したことを指摘した。

1973年の噴火活動が終わった後には山頂の火口底に溶岩ケーキが出現しているのが確認された（村井，1974）

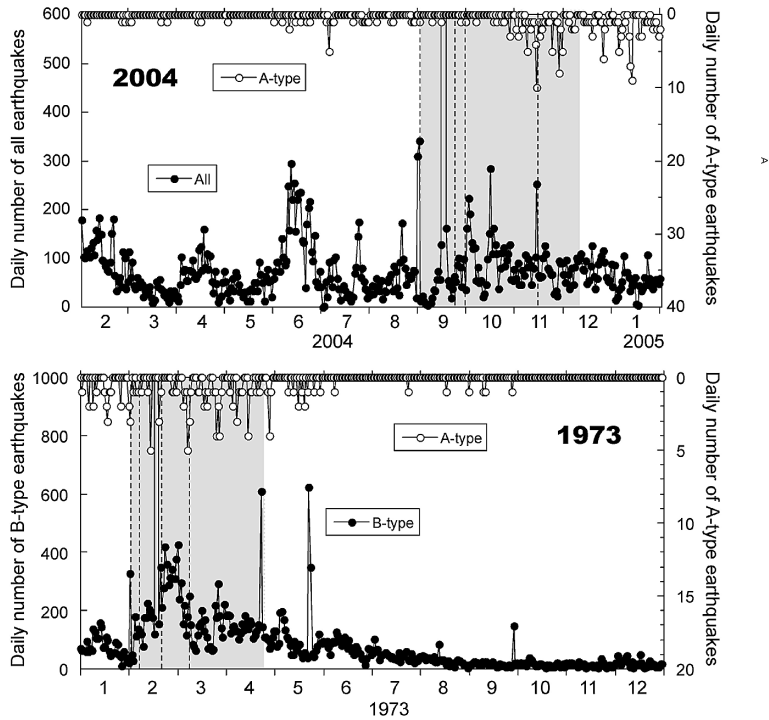


Fig. 9. Temporal variation in daily number of earthquakes around the 1973 and 2004 eruptions. Shaded zones represent eruptive periods in which dates for explosions of intermediate scale are shown by dashed lines. Earthquakes during the 2004 eruption were counted in the automatic processing system, WIN-system. The data in the Sannotrii station for the 1973 eruption (counted on the drum recorder) were from Shimozuru *et al.* (1975). See Fig. A1 for comparison of these two recording systems.

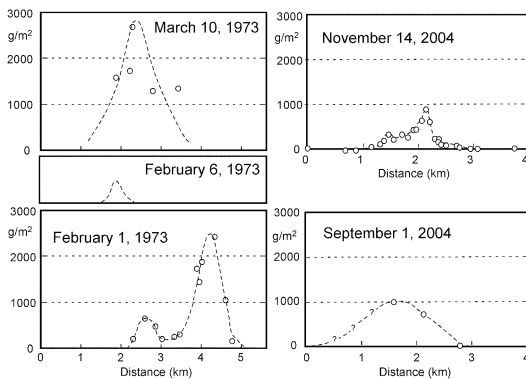


Fig. 10. Weight comparison of tephra from the 1973 and 2004 eruptions, which were deposited along the national road about 4 km east-northeast of the crater. The data for the 1973 eruption were from Shimozuru *et al.* (1975).

が、2004年噴火のように噴火中に溶岩ケーキが存在したかどうかは不明である。噴火後に確認された溶岩ケーキは直径約150mであったが、1982年4月26日噴火の際に完全に吹き飛ばされ、その後に東西に伸びる箱形の窪地ができた(下鶴・他, 1982)。さらに1983年の中噴火ではこの箱形窪地の東側部分が吹き飛び、東側を下に西を頭にした「ひょうたん」型の窪地が形成されていた。

3-3 1973年噴火と2004年噴火の比較

1973年と2004年噴火ではマグマ物質が明らかに関与したことのほか、噴火の推移パターンが良く似ている。しかし、2004年噴火では火砕流が発生せず、地震の発生パターン、噴火の規模、および、噴出物の種類などでも違いが見られた。

地震活動: Fig. 9に示すように2004年と1973年噴火の発生時期と地震発生時期が異なる。すなわち、1973年噴火においてはA型地震の群発後に噴火活動が開始している(下鶴・他, 1975)。それに対して2004年噴火では、A型地震は7月に発生してはいるものの、噴火開始前には発生しておらず、噴火開始から1ヶ月程度遅れてA

型地震が顕著に起こるようになった。また、噴出規模や地震の発生頻度も 2004 年噴火で小さいと考えられる。すなわち、Fig. 9 において 2 噴火時期の地震回数の比較は、1973 年の煤書き記録と 2004 年の地震データ自動処理システム (WIN システム) によるトリガー記録という違いがあるが、1973 年の方が 2004 年と同じかやや多い。異なる 2 つの記録については、付録や Fig. A1 に示すように、自動処理システムの方が感度は 3 倍程度良い。このため、2004 年噴火は 1973 年噴火に比べても地震活動はかなり低調であったことが分かる。

噴出物: 1973 年噴火については総噴出量に関する記述がない。しかし、火口から約 4.5 km 東に離れた峰ノ茶屋を通過する道路上で測定された、3 噴火の堆積物量が報告されており (下鶴・他, 1975), これを 2004 年噴火のものと比較することが可能である (Fig. 10)。それによると、1973 年噴火のそれぞれの噴火のテフラ量が 2004 年噴火のそれらよりは倍程度大きいことが分かる。また、2004 年噴火で火砕流の発生が確認されていないことから、大量の細粒火山灰が生産されなかったと考えられ、1 爆発当たりの火山灰量が少なかったことを裏付ける。火口に溜まった溶岩を含んで、総噴出量がいずれの噴火で大きかったかは不明である。一方、1973 年溶岩の組成は 2004 年噴火に比べて SiO_2 が乏しい等、わずかにより未分化の特徴を持っている (Table 1)。さらに、2004 年噴火で特徴的な白色の堆積岩起源と思われる溶融した流紋岩 (嶋野・他, 2005 の白色岩塊) は 1973 年の噴出物には含まれていない。この約 30 年間にマグマがやや分化したのは、地下のマグマ溜まりで結晶作用が進行したのか、あるいは、溶融したマグマと混合したかのいずれかの結果であろう。

4. 考 察

4-1 A 型地震とマグマの蓄積

2004 年噴火の際に発生した A 型地震の震源は浅間山の西 1 km ほどの地下海拔 -1.5 km 付近に求まる (武尾・他, 準備中)。今回の噴火に先行する A 型地震の発生は 7 月の始めに見られる (Fig. 3)。また、青木・他 (2005) の GPS 観測データの解析結果によると、2004 年の 7 月末から起こった地殻変動ではこの A 型地震の震源域西方を含む海拔約 -2 km 付近で岩脈貫入があったことを示している。これらの事実は、A 型地震の発生と浅間山の地下へのマグマ貫入事件が対応して起きた可能性を強く示している。Fig. 3 では、最近 10 年間に A 型地震が集中して発生する時期が何度かみられる。A 型地震の発生時期は GPS 観測結果によると浅間山を挟む測線に伸びが見られた時期とほぼ重複する。Fig. 4 には国土

地理院がここ 9 年間実施している孺恋-東部基線の斜距離変化 (例えば、村上, 2005) を示している。これを見ると斜距離は全体的には縮まってきてはいるものの、A 型地震が群発する時期に斜距離の縮みが鈍化し、相対的に伸びていることが明らかである。同じ傾向は国土地理院の東部-軽井沢基線においても観測される。斜距離が永年的に縮まっている原因は広域的造構的なものによると想像されるが、伸びが発生する時期は浅間山の地下にマグマが充填されたためであると考えられることができる。

上の考え方に従うと、1973 年噴火で A 型地震が主な噴火の直前に発生することは、噴火直前に地下にマグマ貫入があって直ぐに噴火が開始し、噴火期間中にマグマの供給が収まったことを示す。一方、2004 年噴火では 2 ヶ月程度前にマグマが貫入し、12 月まで続いた噴火期間の後半にも地下からマグマが貫入し続け、GPS の伸びが 2005 年春になっても継続した (青木・他, 2005)。また、最近 10 年間に浅間山の地下へマグマの貫入が何度か繰り返されており、その結果として 2004 年噴火が表面現象としてついに現れたと解釈することが可能であろう。すなわち、1973 年と 2004 年噴火とでは、マグマ貫入と噴火の応答期間が異なるように見える。これは、両噴火で地下へのマグマの供給率が異なり、それによって噴火時期の応答に違いが生じたということかもしれない。すなわち、1973 年噴火では噴火直前に大量のマグマが地下に注入され噴火を開始したのに対し、2004 年噴火に至るまでは 1 回当たりに地下に貫入したマグマの規模が小さく、しかも長年にわたって噴火に至るための過剰圧を蓄積してきており、2004 年夏の少量マグマ貫入によって噴火が起き起こされたものと解釈される。これに従うと、2004 年ではさらに地下へのマグマ供給が継続しているため、このまま蓄積が進めば再び噴火が起こる可能性が高いと考えられる。

4-2 マグマの関与と噴火パターン

2004 年噴火には 1973 年噴火に見られなかった流紋岩質の溶融岩片 (白色岩塊) が溶岩中に含まれているが、これは最近 10 年の間にマグマが複数回繰り返して地下に貫入し蓄積したためか、あるいは、ゆっくり浅所まで移動していたために、火道の周辺を含めた地下が加熱され、母岩の部分溶融が促進されたのかもしれない。ここ数年間は、火口からの SO_2 放出量が高いレベルで継続しており、火口底自身も温度上昇していたことは (気象庁地震火山部火山課・軽井沢測候所, 2004)、山頂の地下で噴火前にすでに加熱が起こっていたことを支持するかもしれない。

1961 年から後の噴火では、1973 年と 2004 年噴火以外にはマグマの直接的な関与がなかったと考えられる。ま

た、1973年と2004年噴火についても、噴火活動の開始の爆発はそれぞれの一連の噴火の中で規模が大きく、しかも、マグマ物質をほとんど含まない。この点、1年程度以上の間隔をおいて最初に発生する噴火は、規模が比較的大きいこととマグマ物質の関与がほとんど見られないことで共通している。噴火開始の噴火で火口底の蓋を噴き飛ばす現象（ブルカノ式噴火）の原因となったのは、上昇するマグマ自身から由来した揮発性成分か、あるいは、深部マグマから由来した揮発性成分のいずれかが蓋の直下に蓄積されて蓋を噴き飛ばすに十分な圧力増加が起こったためと考えられる。前者の場合は噴火後に火口までそのままマグマ（溶岩）が到達し、ストロンボリ式噴火を起こした。その後、マグマの噴出が収まると火口が溶岩で再び蓋をされ、蓋の下に揮発性成分が蓄積されて、ブルカノ式噴火が繰り返したと考えられる。こうしてマグマ噴出を伴う噴火は比較的長期化しやすいものと考えられる。このため、1982年や1983年のような一過性の噴火か、1961年までしばしば起きていた長期化する噴火活動かは、地下に新たなマグマが供給されて起きた噴火かどうか依存していることになる。今後、過去のA型地震の発生頻度と噴火パターンとの解析研究を進めることが、今回の噴火が20世紀中頃まで続いた活動に移行するのかどうかを判断する一つの糸口であると考えられる。

また、20世紀中頃までの噴火に比べ、最近の噴火では、噴火開始前に顕著な前兆的な地震活動が伴わなくなり、個々の爆発の規模も小さくなった。例えば、1982、1983年の噴火は、A型地震を含め顕著な前兆的な地震活動が見られなかった（例えば、下鶴・他、1982）。このような現象の原因は、20世紀後半に噴火の頻度が低下し、しかも、マグマが直接関与しない噴火の割合が増加したために、火道部分を構成する物質がほとんど火砕物質や変質した岩石に置き換わり、火口底に溜まるガスの通路が確保されやすくなるとともに、ブルカノ式噴火を起こす過剰圧自身が低下したことかもしれない。

5. おわりに

2004年噴火は1960年代後半以降では1973年以降のマグマが直接関与した噴火であった。浅間山では、マグマ噴火の際には事前に地下にマグマが供給されA型地震が起こるものと考えられる。1973年噴火は直前に地下にマグマが貫入して発生したが、2004年噴火は最近10年間に起こったマグマ貫入事件の結果として発生したと考えられる。2004年噴火の噴出量は約200万 m^3 に達する。12月に一旦停止した噴火後にもA型地震がおこっていることやGPS変動が2005年春になっても継続して

いることから、さらに噴火が起こる可能性がありうる。今後、2004年噴火が20世紀前半の活動に移り変わる前兆なのかどうか、1973年のように数十年に一度の噴火活動で終わるのかは、地下にマグマがどれだけ蓄積され続けるのか、さらに、供給率がこれまで以上に増加するのかどうか依存しているだろう。これを判断するためには、過去の地震記録の再解析とともに、今後も地震活動・地殻変動観測を継続していく必要がある。

謝 辞

本論をまとめるに当たって、地震研究所火山噴火予知研究推進センターの研究者との日頃の議論が大変有意義であった。溶岩の化学分析に関しては同センターの大学院生および短時間勤務有期雇用職員の皆さんにお世話になった。国土地理院にはFig. 4に用いたGPS観測データの使用を許可していただいた。気象庁、長野県、東京新聞、朝日航洋(株)にはヘリコプター観測の機会を与えていただいた。また、山里 平、植木貞人両氏、および匿名査読者には原稿を改善する上で大変貴重なコメントをいただいた。本研究は文部科学省科学研究費補助金特別研究促進費「2004年浅間火山の噴火に関する総合的調査」(代表者:中田節也、番号1680002)を使用した。

引用文献

- 青木 陽介・渡辺 秀文・小山 悦郎・及川 純・森田 裕一 (2005)2004-2005年浅間山火山活動に伴う地殻変動。火山, 50 (印刷中)。
- 荒牧重雄・早川由紀夫 (1983)1983年4月8日浅間火山噴火の降灰調査。火山噴火予知連絡会報, 28, 23-25。
- 気象庁地震火山部火山課・軽井沢測候所 (2004)浅間山の火山活動—2004年噴火の概要—。第41回自然災害科学総合シンポジウム報告書 (東京), iii 1-9。
- 国土地理院 (2005)浅間山火口内の地形変化。予知連会報, 90, 印刷中。
- Minakami, T. (1935) The explosion activities of Volcano Asama in 1935 (Part 1). *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 13, 629-644.
- Minakami, T. (1942) On the distribution of volcanic ejecta (Part 1). The distributions of volcanic bombs ejected by the recent explosions of Asama. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 20, 65-92.
- Minakami, T., Utibori, S., Hiraga, S., Miyazaki, T., Gyoda, N. and Utsunomiya, T. (1970) Seismometrical studies of Volcano Asama Part 1. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 48, 235-301.
- 宮崎 努 (2003)浅間山火山活動記録の再調査。震研彙報, 78, 283-463。
- 村井 勇 (1974)1973年の浅間火山の噴火活動と小規模火砕流。震研速報, 13, 127-162。
- 村上 亮 (2005)GPS連続観測結果が示唆する浅間火山

のマグマ供給系. 火山, 50, 347-361.
 嶋野岳人・飯田晃子・吉本充宏・安田 敦・中田節也 (2005) 浅間火山 2004 年噴火噴出物の岩石学的検討. 火山, 50, 315-332.
 下鶴大輔・内堀貞雄・行田紀也・小山悦郎・宮崎 努・松本時子・長田 昇・寺尾弘子 (1975) 1973 年の浅間山噴火活動について. 震研彙報, 50, 115-151.
 下鶴大輔・行田紀也・鍵山恒臣・小山悦郎・萩原道徳・辻 浩 (1982) 1982 年 4 月 26 日の浅間山の噴火. 震研彙報, 57, 537-559.
 高橋正樹・市川八州夫・安井真也・浅香尚英・下斗米朋子・荒牧重雄 (2003) 浅間・前掛火山天仁噴火噴出物の全岩化学組成と天明噴火噴出物との比較. 日大文理自然科学紀要, 38, 65-88.
 吉本充宏・嶋野岳人・中田節也・他 15 名 (2005) 浅間山 2004 年噴火の噴出物の特徴と降灰量の見積もり. 火山, 50 (印刷中).

付 録

地震研究所浅間火山観測所での、観測者によって計測した煤書き記録からの地震回数と地震データ自動処理システム (WIN システム) によってトリガーされた自動計数による地震回数の比較を Fig. A1 に示した。煤書き記録はこれまで浅間火山観測所で長年基準として使われてきたものであり、Fig. 9 の 1973 年噴火の地震活動収録時と同一条件である。Fig. A1 では、煤書き記録の欠測時期を除いて、自動処理システムによる記録と煤書きによる記録は良く似たパターンを示しているが、自動処理システムによる地震回数の方が煤書き記録より 3 倍近く多い。このため、過去の煤書き記録と自動処理システムの記録を比較する場合には、感度の違いに注意を要する。Fig. 9 の 1973 年噴火と 2004 年噴火の地震回数比較では両者の記録方式が異なるが、Fig. 9 と Fig. A1 の煤書き記録だけを比較しても、前者の方が地震の発生回数が多い。

(編集担当 植木貞人)

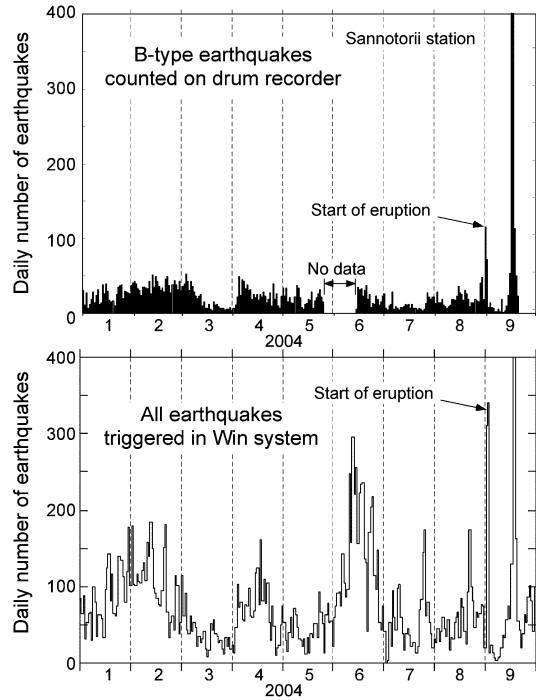


Fig. A1. Comparison of volcanic earthquakes on a drum recorder with those triggered in the automatic processing system, WIN system, at the Asama Volcano Observatory. The drum records are at the Sannotorii station. WIN system is more sensitive than the drum recording.