

●特集 1. 浅間山 2004 年噴火の概要

1. はじめに

浅間山で、2004 年 9 月 1 日 20 時 02 分に爆発的噴火が発生した。浅間山で爆発的噴火が発生したのは 1983 年 4 月以来である。この噴火に伴い、気象庁は浅間山の火山活動度レベルを 2 (やや活発な火山活動) から 3 (山頂火口で小～中規模噴火が発生) に変更した。以下に、今回の浅間山噴火活動の概要を紹介する。

2. 浅間山の過去の噴火活動

浅間山は、群馬・長野県境に位置する複合火山で、爆発的 (ブルカノ式) 噴火が特徴の我が国でも有数の活火山である。有史上の大噴火は、1108 (天仁 1) 年、1783 (天明 3) 年に発生し、いずれも火砕流、溶岩流を流出、その後の泥流等によって大規模な災害をもたらしている。

その後も山頂火口からの噴火活動が続き、明治年間以来たびたび爆発的噴火を繰り返してきた。1950 年代までは毎年のように噴火があり、爆発による噴石によって犠牲者も多く出した (20 世紀中の死者数は約 20 名、ただし、全て火口から 4 km 以内にいた登山者)。1960 年代から火山活動はやや衰え、最近 40 年間で見ると、1965 年 5 月の微噴火、1973 年 2～5 月の噴火、1982～83 年の噴火、1990 年 7 月の微噴火、2003 年 2～4 月のごく小規模な噴火 (「微噴火」と呼ぶこともある) しかなく、そのうち新しいマグマが上昇して活動したと考えられる噴火は 1973 年のみである。

3. 2004 年噴火の概要

浅間山では、2000 年頃から山頂直下浅部の地震活動、噴煙活動の活発化、火口底温度の上昇等火山活動がやや活発化していることが認識されていた。2003 年 2～4 月には火口近傍だけに降灰をもたらす程度のごく小規模な噴火も発生した。2004 年 9 月以降の主な噴火は表 1 のとおりである。それぞれの噴火について概略を以下に述べる。

表 1 2004 年 9 月に発生した主な噴火

発生日時	噴火の表現	噴煙の状況 (火口縁上の高さ、流向等)	空振 (Pa) ¹⁾	噴石の飛散、火山礫の降下等 ²⁾	降灰状況 主な確認地点 ²⁾	備考
1 日 20時02分	中爆発	雲のため不明。気象レーダーにより 3,500～5,500m で北東に流れるエコーを観測。	205	火口周辺に直径 3～4m の噴石、火口の北東 6km 付近に 3cm 程度の火山礫	北東方向の群馬県嬬恋村・沼田市、福島県郡山市・相馬市等。	山麓から火山雷が確認された。
14 日 15時36分	小噴火	2,500m まで上がり東に流れる	—	特に確認されず	東南東方向の長野県軽井沢町、群馬県松井田町・安中市等	
15 日 ～18 日	小噴火が頻発	最高 1,500m まで上がり南～南東に流れる	最大 9	火口周辺に噴石が間欠的に飛散	南東方向の長野県軽井沢町をはじめ関東地方南部 (埼玉県、東京都、神奈川県、千葉県) の一部	
23 日 19時44分	中爆発	雲のため不明	72	火口の北北東 4km 付近に 3cm 程度の火山礫	北～北東方向の群馬県嬬恋村・長野原町、新潟県大和町、山形県山形市・東根市等	爆発地震により軽井沢町追分及び御代田町御代田で震度 1 を観測。
29 日 12時17分	中爆発	雲のため不明	30	火口の北 4km 付近に 4cm 程度の火山礫	北～北東方向の群馬県嬬恋村・長野原町・草津町等	爆発地震により御代田町御代田で震度 1 を観測。

1) 空振は軽井沢測候所 (火口の南約 8 km) に設置した空振計の観測結果。単位は圧力を表すパスカル (Pa)。おおむね 10Pa を超えると身体に感じられるようになり、数百 Pa ではガラスが割れるなどの被害を生じる可能性がある。

2) 噴石の飛散、火山礫の降下、降灰状況は、気象官署、大学等研究機関、防災関係機関及び一般からの情報に基づく。

3. 1 2004 年 9 月 1 日の噴火

2004 年 9 月 1 日 20 時 02 分、浅間山で中規模の爆発的噴火（以下「爆発」）が発生した。軽井沢測候所に設置している高感度監視カメラによる観測では、噴煙は雲のため不明であったが、爆発の瞬間、雲を通して明るく見える現象が確認され、その後赤熱した噴石が火口から 2 km 程度まで飛散するのが観測された（図 1）。爆発に伴い山麓から火山雷も確認された。

この爆発に伴い、火口の南約 8 km の軽井沢測候所では非常に大きい爆発音と 205Pa の空振を観測した。また、爆発以降、連続的な噴火に伴うと考えられる火山性微動が同日 23 時頃まで継続した。なお、車山（長野県茅野市；浅間山の南西約 45km）に設置している気象レーダーにより、浅間山上空の火口縁上 3,500~5,500m の高さまで、爆発に伴う噴煙によるとみられるレーダーエコーが観測された。同様の現象は柏（千葉県）、弥彦山（新潟県）、名古屋（愛知県）に設置しているレーダーでも捉えられた。

爆発が発生した当時、浅間山上空では南西の風が吹いており、爆発直後に行った現地調査によって、北東の山腹から山麓にかけて火山礫や火山灰が降っていたことが確認された。火口から 4 km 地点では 3~5 cm 径の火山礫の他 8 cm 径の軽石も確認され、火山礫は火口から 8 km 地点付近まで確認された。降灰は最も遠いところで北東約 250km の福島県相馬市でも確認された（図 2）。3 日に群馬県及び長野県の協力により実施した上空からの観測では、火口から約 2 km 以内の範囲に 3~4 m 径の噴石が多数落下しているのが確認され、それより外側にも噴石の落下したと考えられるクレーターが確認された。

浅間山では、過去の規模の大きな爆発では遠方まで人が聞こえる程度の爆発音が観測されたことがある。例えば 1958 年 11 月 10 日の爆発では、東北地方から関西地方まで広範囲に爆発音が聞こえ（竹山ほか、1961）、1973 年 2 月 1 日の爆発でも関東地方だけでなく北陸の一部でも爆発音が観測された（気象庁、1973）。今回の爆発では、軽井沢測候所以外の気象官署の中では前橋地方気象台のみで微弱な爆発音が観測された。1958 年や 1973 年の爆発では山麓の窓ガラス等が多数破損する被害があったが、今回は火口から 4 km 地点で軽微な被害があったのみである。しかし、気象庁が各地の火山に設置している空振計には広範囲にわたって空振が記録され、浅間山から 700km 以上離れた有珠山や九州の火山に設置している空振計でも観測された（藤原ほか、2004）。



図 1 9 月 1 日の爆発直後の映像。火口から南 8 km の地点の高感度カメラの映像。中腹以上は雲がかかっている。



図 2 9 月 1 日の爆発に伴う降灰分布。気象官署、大学、研究機関、防災関係機関及び一般からの情報による。●：降灰の報告があった地点。○：降灰なしの報告があった主要地点。

3. 2 2004 年 9 月 14 日~18 日の噴火活動

9 月 1 日の爆発以降は、一時的に火山性地震の発生回数が少なくなり（9 月 2 日~12 日に数回~20 回程度、10 日のみ 37 回）、噴煙の高さも低くなって、火山活動は表面上やや低調に見える状態で推移した。9 月 14 日 03 時 30 分及び 13 時 31 分にごく小規模な噴火が発生し、15 時 22 分~15 時 36 分までの 14 分間に地震が 12 回と多く発生した後、9 月 14 日 15 時 36 分に小規模な噴火（小噴火）が発生した。軽井沢測候所の観測では、火山灰を含む灰色で多量の噴煙が火口縁上高さ 2,500m まで上がり東に流れた（図 3）。有色噴煙の噴出は 15 時 43 分まで続いた。火山灰は西の風に流され、東南東側の長野県軽井沢町、群馬県松井田町・安中市等で降灰が確認された。爆発地震や顕著な空振、噴石の飛散は観測さ

れず、この噴火は爆発的なものではなかったと考えられる。

その後、15 日 11 時 53 分以降、小噴火が頻発するようになり、特に 16 日未明～17 日夕方まではほぼ連続的に小噴火が発生した。その後も小噴火が頻発し、18 日 21 時 03 分の小噴火まで続いた。その間の噴煙の高さは火口縁上 1,000～1,500m、軽井沢測候所では断続的に弱い爆発音と空振 (最大 9Pa) を観測した (図 5)。個々の小噴火に伴い、爆発地震も観測された。また、監視カメラでは赤熱した噴石が放物線軌道を描いて飛散しているのが視認され、ストロンボリ式の噴火をしていることが確認された。この一連の小噴火による火山灰は北西の風により南東方向に流され、長野県軽井沢町では多量の降灰があった。また、関東地方南部の広い範囲で降灰が確認され (図 4)、17 日 00 時過ぎには東京都千代田区大手町の気象庁本庁でも微量の降灰を観測した。東京大手町での降灰は 1982 年 4 月 26 日の浅間山の噴火以来である。

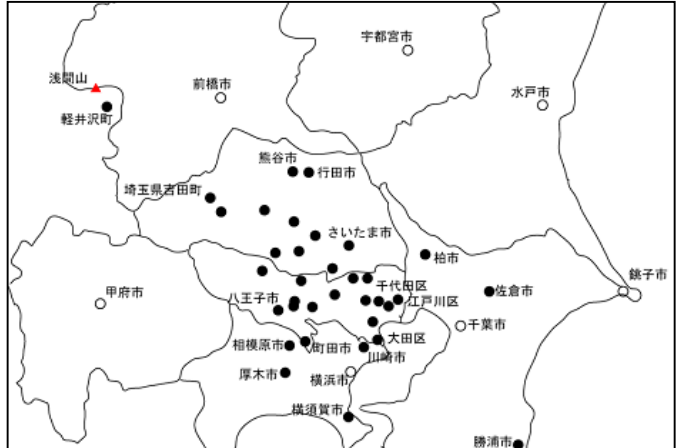


図 3 9 月 14 日 15 時 36 分の小噴火による噴煙。火口の南約 8km の軽井沢測候所から撮影。

図 4 9 月 16 日未明～17 日夕方のほぼ連続的な噴火による降灰分布。気象官署、大学、研究機関、防災関係機関及び一般からの情報による。●：降灰の報告があった地点。○：降灰なしの報告があった主な地点。

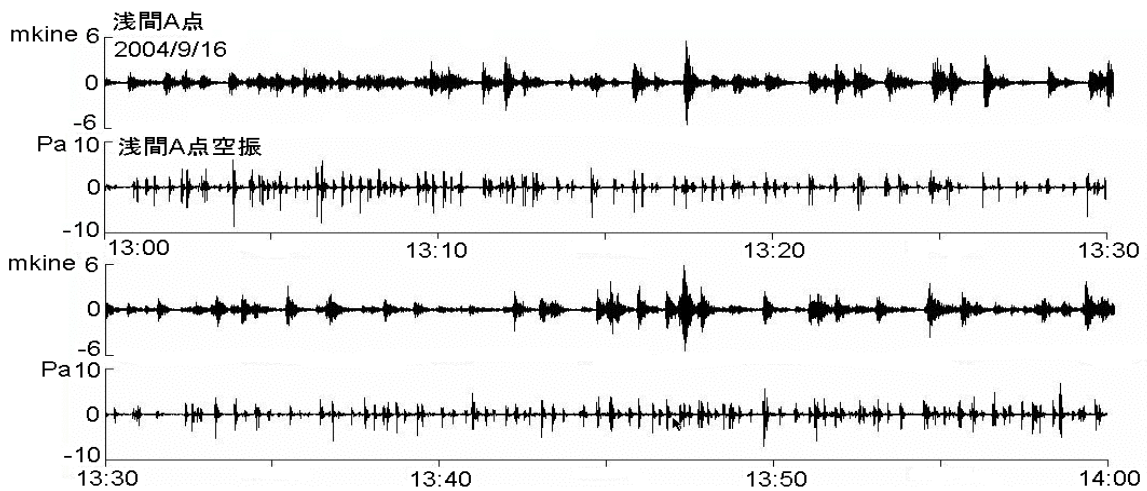


図 5 9 月 16 日のほぼ連続的な噴火に伴う地震波形と空振波形。
(9 月 16 日 13 時 00 分～14 時 00 分)

3. 3 2004 年 9 月 23 日及び 9 月 29 日の噴火

9 月 23 日 19 時 44 分に 9 月 1 日以来となる中規模の爆発が発生した。噴煙の状況は雲のため不明であったが、軽井沢測候所では中程度の爆発音と空振 (72Pa) を観測した。爆発に伴い発生した地震により軽井沢町追分 (軽井沢測候所) 及び長野県御代田町で震度 1 を観測した。この噴火によるとみられる噴

出物は、山頂の北北東 4 km 付近で直径 3 cm 程度の火山礫が確認され、また、火山灰が南西の風に流され、北東山麓の群馬県嬬恋村・中之条町をはじめ、新潟県南魚沼郡大和町、山形県山形市・東根市等で降灰が確認された。傾斜計による地殻変動観測（後述）では、爆発に先立ち同日 16 時過ぎから山頂直下がわずかに膨らむような傾斜変化が観測され、噴火後は山頂直下がわずかにしぼむような傾斜変化がみられた。

9 月 29 日 12 時 17 分に 3 回の中規模の爆発が発生した。噴煙の状況は雲のため不明であったが、軽井沢測候所では弱い爆発音と空振 (30Pa) を観測した。爆発に伴い発生した地震により長野県御代田町で震度 1 を観測した。この噴火によるとみられる噴出物は、東京大学地震研究所により山頂の北 4 km 付近で直径 4 cm 程度の火山礫が確認され、また、火山灰が南の風に流され、北側の群馬県嬬恋村・長野原町・六合村・草津町で降灰が確認された。傾斜計による地殻変動観測（後述）では、爆発に先立ち前日 28 日 22 時頃から山頂直下がわずかに膨らむような傾斜変化が観測され、噴火当日の 01 時~06 時に一時ややしぼむような傾斜変化を示した後、06 時以降は再びわずかに膨らむ変化がみられ、その約 6 時間後に爆発が発生した。

4. 噴火前の火山活動の概要

2002 年 10 月以降の火山性地震の日回数及び 2004 年 8 月 31 日以降の時間別回数の変化 (9 月 30 日現在) を図 6 に示す。

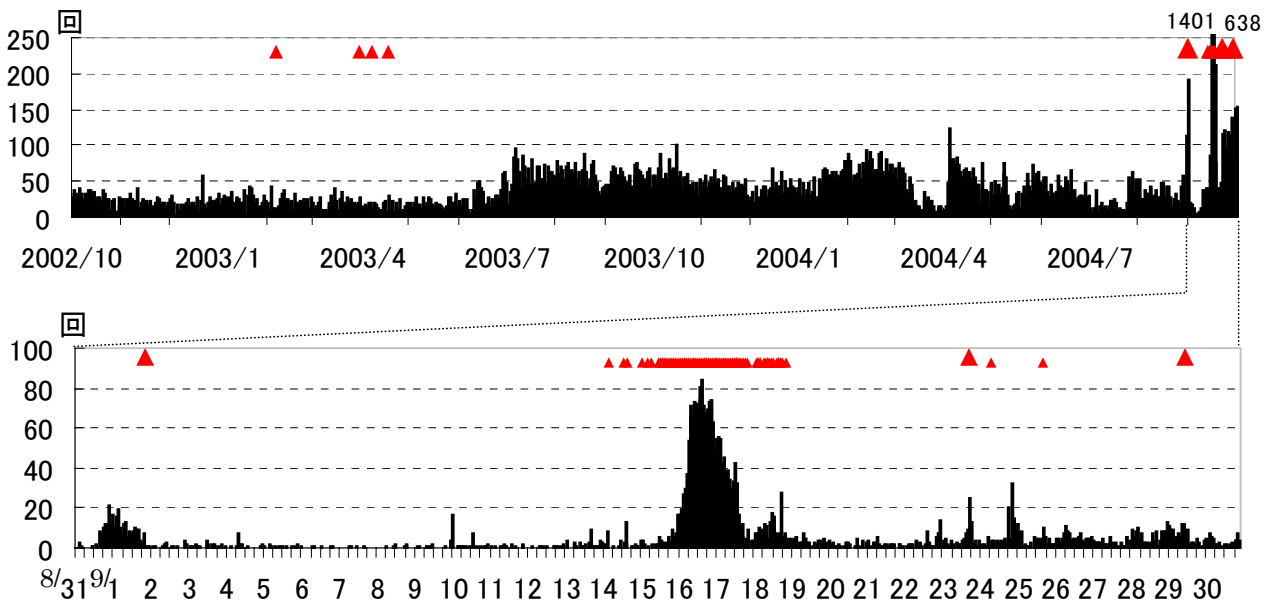


図 6 浅間山の火山性地震の日回数（上図：2002 年 10 月以降）及び時間別回数（下図：2004 年 8 月 31 日以降）の変化。大きい▲は中規模の噴火、小さい▲は小規模以下の噴火を示す。

気象庁では、浅間山の地震について、地震波形の特徴により、A型地震とB型地震に分類している³⁾。浅間山で発生する地震は、そのほとんどが山頂直下浅部で発生するB型地震である。B型はさらに周期により低周波B型 (BL) と高周波B型 (BH) に分類している。

浅間山では、2003 年後半から地震の発生回数がやや多い状態が続いていた（以下地震回数は気象庁の基準観測点 B 点（火口の南約 2 km）での回数）。2003 年 7 月には、日回数が 100 回近くに達した。その後地震回数は 2004 年 4 月、7 月に一時減少したものの、やや多い状態が噴火前まで継続した。型別の地震の発生状況をみると、2003 年後半の地震多発期以降、BL 型地震が多い傾向が続いていたが、噴火前の 2004 年 8 月には、BH 型の地震が BL 型の回数より相対的に多くなった。また、BH 型地震に限ってみても、2004 年 8 月後半には、その周期がより短周期になった。震源分布については、特に震源が移動する傾向は見られなかった。8 月 15 日には、やや大きな A 型地震が山頂のやや西側で発生、山腹の火山館（火口の西南西約 3 km）では有感となった。

火山性微動は、1998 年以降、2002 年まで発生は極めて少なかったが、2003 年 2~4 月に発生したごく小規模な噴火後、発生頻度が増加した。2004 年 8 月上旬には発生回数がやや増加し、日回数が最高 10 回に達したが、その後は噴火まで少ない状態だった。

噴煙の高さ及び噴煙の量は、2004 年 7 月下旬からやや増加傾向が見られた。2004 年 7 月下旬から 8 月下旬には、山麓の高感度のカメラで火映が観測された (2002 年 9 月以来)。しかし、今回噴火前に肉眼で火映が目撃されたという報告はなく、この点は、噴火直前に火映が測候所から目視された 1973 年 2 月の噴火とは異なっている。

2004 年 8 月 9～10 日に実施した現地観測では、火口底中心部の A 噴気孔をはじめとして、噴煙が勢いよく噴出しているのを確認した。火口縁で実施した赤外熱映像装置による火口内温度の観測では、同年 7 月 28 日の観測時と同様に 500℃を超える非常に高い温度が観測された。火山ガスの放出も多く、火口縁においては十数 ppm の二酸化硫黄濃度をしばしば観測した。また、湯の平 (火口の西約 2 km) 付近で、植生の一部が茶色に変色しているのを確認した。これは 7 月 28 日の観測時には見られなかったもので、火山ガスの影響を受けたものと推定される。また、群馬県林務部が火口縁に設置している赤外カメラにより、火口底の A 噴気孔付近に高温の火山ガスの噴出による高温部が確認されていた。

3) A 型地震は、地震波形の立ち上がりが見やすい地震で、地下 1～10km で発生していると考えられている。B 型地震は、地震波形の立ち上がりが見にくい地震で、火口付近の浅いところで発生していると考えられている。

5. 噴火開始後の火口内の状況

9 月 1 日の噴火開始後、関係機関の協力を得て、表 2 のとおりヘリコプターによる上空からの観測を実施している。

表 2 浅間山 9 月 1 日の噴火以降のヘリコプターによる観測

日付	協力機関	実施した観測
9 月 3 日	群馬県 長野県	火口内の状況 (噴煙のため不可)、噴石等の飛散状況観察
9 月 7 日	陸上自衛隊	火口内の状況 (雲のため不可)、噴石等の飛散状況、火山ガス放出量観測
9 月 18 日	長野県	火口内の状況 (雲のため不可・赤外線カメラによる観測は実施)、噴石等の飛散状況観察
10 月 1 日	長野県警	火口内の状況、噴石等の飛散状況観察
10 月 6 日	群馬県	雲のため詳細不明、噴煙の状態観察

9 月 16 日に国土地理院が実施した合成開口レーダーによる観測で、火口底北東側にドーム状の地形が確認され、火口底に溶岩が噴出したと推定された。9 月 18 日に長野県の協力により実施した上空からの火口観測では、噴煙により火口内部を視認することはできなかったが、赤外熱映像装置を用いて火口内の温度観測を実施した結果、火口底の北東ないし北側に直径約 100m の高温部が確認された (図 7)。

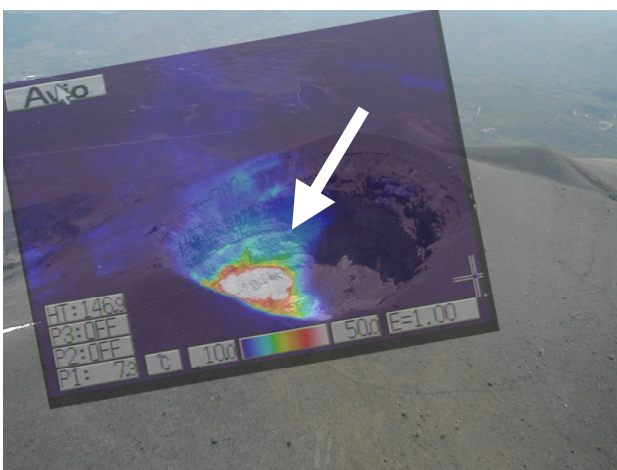


図 7 9 月 18 日に長野県ヘリコプターから撮影した赤外熱映像を、過去の火口写真 (1999 年 5 月 20 日撮影) と重ね合わせた合成画像。高温部 (矢印で示した明るい部分) の直径は約 100m で、火口底の北東ないし北側に偏っている。



図 8 10 月 1 日に長野県警ヘリコプターから撮影した写真。火口底が浅くなり、中央にくぼみがある (大きい矢印)。

これは上記の溶岩に対応すると考えられる。また、10月1日に長野県警察の協力により実施した上空からの火口観測(図8)では、火口底の高さが9月1日の噴火以前よりもやや上昇し、山頂からの深さが約190mとなっていることが確認された(8月の時点での最深点は約250m)。また、火口底の北東側に直径約70m、深さ約40mのくぼみが確認されたが、これは上述の溶岩の一部がその後の噴火で吹き飛ばされて形成されたものと考えられる。

6. 火山ガスの放出量

9月1日の噴火開始後行った二酸化硫黄の放出量の観測では、800~3100トン/日であり、2003年のごく小規模な噴火前後の放出量とほぼ同じ程度である(図9)。

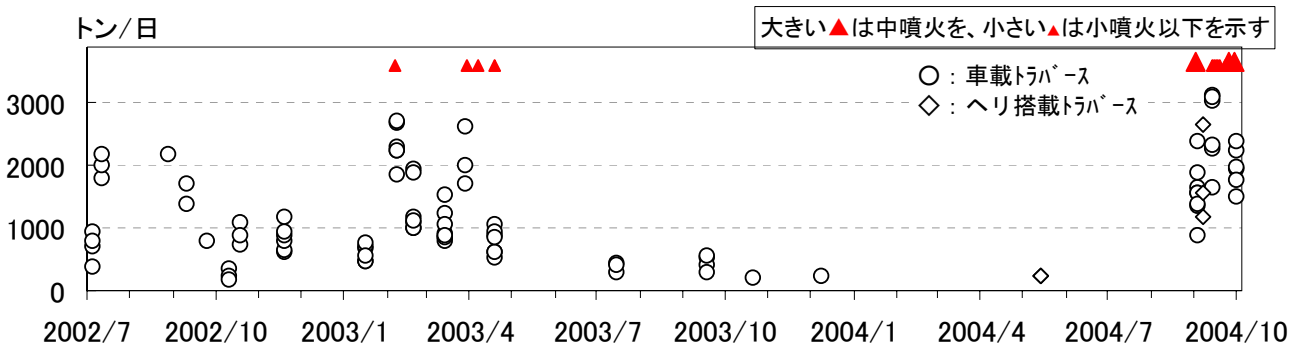


図9 浅間山の二酸化硫黄の放出量の推移(2002年7月4日~2004年10月1日)。

7. 傾斜観測により捉えられた噴火の前駆現象

気象庁では、浅間山の火山活動を監視するため、山頂から北北東約2.5kmに傾斜計1点(F点、設置深度約10m)、山体を囲むようにGPSを3点設置し地殻変動を監視しており、2004年9月の噴火に伴い、傾斜計で明瞭な変化を観測した(瀧山ほか、2004)。なお、気象庁のGPSでは顕著な変化は観測されていない。

8月30日~9月2日の傾斜変動を図10に示す。9月1日20時02分の噴火では、噴火からの約3分間に東西成分で東上がり0.7 μ rad、南北方向では北上がり0.02 μ radの変化があったことが分かる。東京大学地震研究所によると同研究所の浅間火山観測所(AVO、山頂の東約4.5km)にある傾斜計では、0.02 μ radの東上がりの変化が捉えられている。これらは山頂直下がしぼむような変化を示していると推定される。

また、台風通過の影響があり正確な変動量は不明であるが、地震の増加し始めた8月31日15時頃から東西成分において西上がりで0.1 μ rad程度の変化があるようにも見え、噴火前に山頂直下が膨らんでいた可能性がある。

一方、9月23日、29日の爆発の前には、山頂直下が膨らんでいることを示すと推定される変化が観

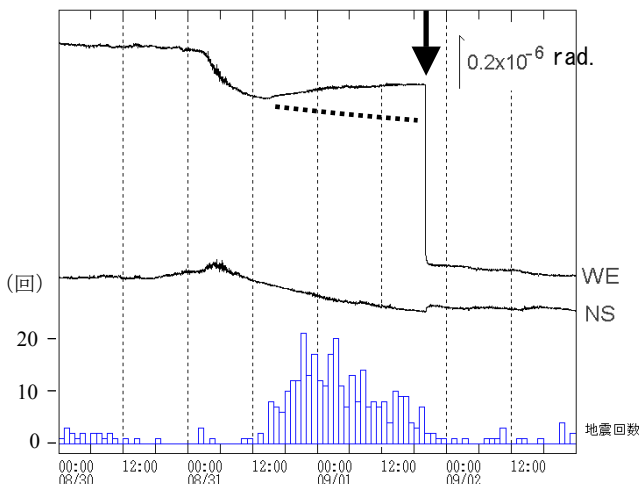


図10 観測点(F点:火口から北北東約2.5km)における傾斜変化(8月30日~9月2日)。地球潮汐補正を行い表示している。上が西上がり、北上がりの方向(図11~12と共通)。矢印は噴火時刻。8月31日の大きな変化は台風16号の接近による。地震が増加した8月31日昼頃から西上がりの変化があり、山頂直下が膨らんでいた可能性がある。

測された (図 11)。また、16 日未明～17 日夕方にかけてほぼ連続的に小噴火が発生した際には、その期間中、ゆっくりと山頂直下がしぼんでいることを示すと推定される変化が観測された (図 12)。

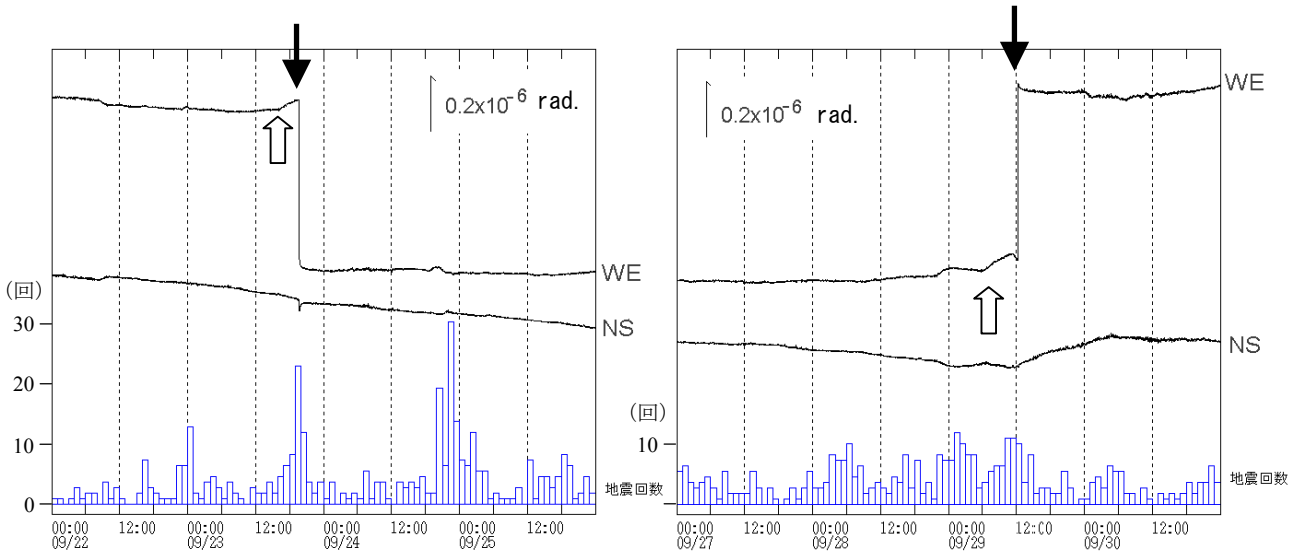


図 11 観測点 (F 点 : 火口から北北東約 2.5km) における傾斜変化 (左 : 9 月 22 日～25 日, 右 : 9 月 27 日～30 日)。地球潮汐補正を行い表示している。黒矢印は噴火時刻。噴火直前に地震が増え、山頂直下がわずかに膨らんだことを示すと推定される変化 (白矢印) が見られる。

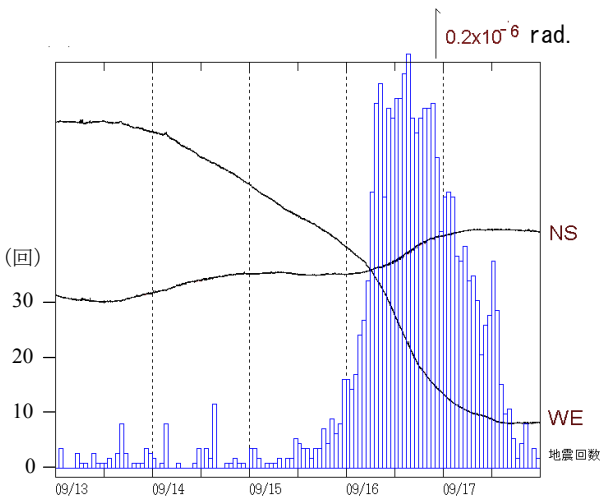


図 12 観測点 (F 点 : 火口から北北東約 2.5km) における傾斜変化 (9 月 13 日～17 日)。地球潮汐補正を行い表示している。連続的に噴火が発生した 16 日未明から 17 日にかけて山頂直下がしぼんだことを示すと推定される傾斜変化が観測された。

参考文献

藤原善明・坂井孝行・加藤幸司・中村政道・内藤宏人・山里 平・中禮正明・平松秀行・上田義浩・飯島 聖 (2004) 全国規模で観測された 2004 年 9 月浅間山噴火の空振. 日本火山学会秋季大会講演予稿集.

加茂幸介 (1978) 桜島における噴火の先駆現象と予知. 火山, 23, 53-64.

瀧山弘明・中禮正明・内藤宏人・近澤 心 (2004) 2004 年 9 月浅間山噴火活動に伴う傾斜変動について. 日本火山学会秋季大会講演予稿集.

気象庁 (1973) 火山報告 (1973 年 1～3 月).

下鶴大輔・内堀貞雄・行田紀也・小山悦郎・宮崎 務・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. 地震研究所集報, 50, 115-151.

竹山一郎・田中康裕・小林悦夫・磯野良徳 (1961) 1958 年 11 月 10 日の浅間山爆発による地震と空振. 験震時報, 25, 45-53.