

特定火山(浅間山)取りまとめ案

1. 火山活動の状況

浅間山は、歴史上数多くの噴火を繰り返してきた我が国でも最も活動的な火山のひとつである。1108年、1783年には規模の大きな噴火が発生して火砕流や岩屑なだれ、溶岩流が発生し甚大な災害をもたらした(天仁、天明噴火)。19世紀末から20世紀中頃までは活発な山頂噴火を繰り返した。20世紀の後半からは、1973年の噴火後、マグマが噴出する活動はなく、1982年～1983年の噴火や1990年の小規模な噴火の後は時おり火山性地震の多発がみられたものの、比較的静穏な火山活動が続いていた。

2000年頃から火山性地震の多発や噴煙活動の活発化等、時おり火山活動に高まりが見られるようになり、2003年2月～4月には少量の火山灰を放出した。その後も噴煙活動や地震活動に活発な状態が続いた。2004年5月頃からは、地下へのマグマ注入によると考えられる地殻変動が観測されるようになり、7月下旬からは山頂の近傍でも地殻変動が観測され、火口底の温度上昇等が観測された。

2004年9月1日、山頂火口で爆発的噴火が発生し、火口北東約4kmに最大径10cmの火山岩塊が降下する等、風下に火山礫、火山灰が降下した。9月16日～18日には小爆発を断続的に繰り返し首都圏でもわずかに降灰が認められた。この時期に、新たな溶岩が火口に出現し火口底が約50m上昇した。その後も12月初旬にかけて噴火を繰り返した。火山ガス中の二酸化イオウ(SO₂)放出量は増加し噴火後に最大4700トン/日が観測され、2004年末まで高いレベルで推移した。

2005年に入ってから地震活動や噴煙活動が活発な状態が続き、山体の膨張は継続したが、2005年の夏頃には地震活動・地殻変動ともに以前の状態に戻った。また、火口温度は噴火後やや低下したが、2005年末でも微弱な火映現象が見られるなど火山活動はやや活発である。

2. 火山活動に対する対応

(1) 実施状況

浅間山とその周辺では、大学、気象庁、防災科学技術研究所による地震観測が行われている。大学では2004年9月1日噴火の直前から山頂部の地震観測を強化し、噴火開始後には、大学、気象庁が火口を取り囲む地震観測網を更に強化した。また、大学と気象庁は、リアルタイム地震データの交換を行い地震観測体制を強化した。

地殻変動については、国土地理院、大学、気象庁によってGPS、傾斜計、光波観測が行われている。噴火開始後には、国土地理院、大学、気象庁はGPS観測点及び傾斜計観測点を増設し、地殻変動観測網を強化した。また、噴火開始後から水準測量の定期的観測を大学が開始した。

大学では噴火前から重力観測を、噴火開始直後には絶対重力の連続観測を実施した。

SO₂放出量測定は、気象庁、大学によって噴火前から断続的に行われていたが、噴火開始後は産業技術総合研究所も加わって共同で繰り返し観測を実施した。

噴煙状況や火口の熱観測は、航空機搭載型や地上設置型赤外映像装置によって気象庁、防災科学技術研究所、大学によって実施された。噴火中の火口の地形変化は、国土地理院、

防災科学技術研究所による航空機や衛星搭載型合成開口レーダーによる観測、大学、気象庁、産業技術総合研究所による現地調査及び航空機からの目視観察が実施された。さらに、噴出物の堆積状況や噴出物の化学分析は大学、産業技術総合研究所によって行われた。

気象庁は防災機関として浅間山の火山活動を監視し、火山活動の変化に応じて火山情報を発表した。2004年9月1日の噴火7分後に臨時火山情報を発表し、火山活動度レベルを2（やや活発な火山活動）から3（小～中規模噴火）に上げた。また、火山活動の低下した2005年6月には、火山活動度レベルを3（小～中規模噴火）から2（やや活発な火山活動）に下げた。

地元自治体等防災機関に対しては、気象庁や大学が活動の解説、助言を適宜行った。火山噴火予知連絡会では観測データの総合的評価を行い、統一見解を発表した。

（2）具体的成果

2004年9月噴火に先立って、火口直下数百mまでに起こる特異な長周期振動の発生頻度が低下し、一週間前には起こらなくなっていたことが分かった。山頂直下の地下水等の流体が、上昇してくるマグマの熱で消失するモデルが考えられた。また、山頂火口から地下約4kmまで垂直にB型地震発生域が、さらに、そこから地下約4kmで西方に広がるA型地震発生域が確認された（図1）。それぞれ火道と板状のマグマ溜まりの上面と対応づけられた。また、中規模程度の噴火に伴った爆発地震の波形解析から、火道上部を占めるマグマ柱の栓部除去・マグマの発泡・爆発が連続して起こるモデルが提案され、爆発メカニズムの解釈が進んだ。

地殻変動観測からは、噴火の数ヶ月前から浅間山の地下約4kmにあった板状のマグマ溜まりが膨張したことを捉えた。噴火までの体積増加量は約700万 m^3 となり、今回噴出したマグマ量（約200万 m^3 ）より多い。

主な爆発的噴火の数～30時間前に傾斜変化が認められ、9月末以降の噴火については、噴火前に火山情報を発表して注意を呼びかけることができた。主な噴火イベントに先駆けて、浅間山の中腹にある観測点では、絶対重力値が増加から減少に転じる規則性が認められた。これは、火口直下にあるマグマヘッドの上昇によってこの変化が生じるモデルが提案された。光波測距によってもマグマ上昇に伴う距離変化を捉えた。

SO_2 放出量は主な爆発的噴火及び9月中旬の連続噴火時に多く、地震活動レベルの変化と調和的である。噴火後も SO_2 の放出が連続的に続いたことから、三宅島2000年噴火と同様に、噴火後に地下に安定な火道が存在し、マグマの脱ガスに伴う火道内マグマ対流が生じているというモデルが提案された。

航空機や衛星搭載型の合成開口レーダーを用いた山頂部の繰り返し観測により、噴煙のため観測が困難であった火口内においても地形判読が可能となり、溶岩が主に9月中～下旬に噴出したことが明らかにできた（図2）。

噴出物の分布調査と火口観測により、2004年噴火の規模は、似た噴火推移をたどった1973年噴火よりも小さいことが分かった。9月1日噴出物はほとんどが古い山体の岩石片であり、パン皮火山弾としてマグマ物質を少量含んでいた。9月中旬以降はほとんどがマグマ物質に置き換わった。火山灰の揮発性成分分析から、9月1日の噴出物は、火口内で長期間高温の火山ガスにさらされていたこと、9月中旬噴出物は脱ガスが進行したマグマ

物質であることなどが示された。

3. 今後の課題と展望

噴火に先立ち火口直下の低周波地震の発生頻度が低下したことや、絶対重力計によるマグマヘッドの移動を捉えることができた。また、傾斜観測により浅間山の噴火でも前駆する地殻変動を検出できることが分かった。これらの成果を考慮すると、今回発生したような中規模程度の噴火の開始や推移を予測する上では、高精度の連続観測ができる体制を維持されることが望まれる。また、今回明らかになった、変動源等を含む統合的な地下モデルを、実施中の自然地震や人工地震及び電磁気による構造探査によって検証し、噴火予測の精度を向上する必要がある。

山岳地域におけるGPS観測は気象補正の困難さから、平地における観測に比べるとS/N比が悪い。今後、気象モデルを基にしたデータの補正等、一層精密な地殻変動の解析技術の開発が必要である。さらに、浅間山山頂部の調査は活動状況及び天候の変化等による制約に加えてアクセスが厳しい。安全で高精度の観測を実施するためには、無人ヘリコプター観測やレーザープロファイラーを利用した火口地形や噴出物堆積状況把握を実施する等、現地調査に代わる遠隔観測法の開発が重要である。

SO₂放出量の自動計測システムの構築によって、その結果と地震等の常時観測結果とを合わせ解析することにより、より詳細な噴火予測ができるようになると考えられる。また、爆発による噴煙の挙動や降灰の特徴を把握することが、噴火の性質を明らかにするだけでなく防災上も重要である。

火山噴火予知連絡会は、今回の浅間山の噴火活動を通して、各関係機関の観測データの総合評価を続け、概ねその予測どおりに火山活動が進行した。しかし、長期的な活動予測についての診断手法は現段階では乏しく、浅間山の火山活動が中長期的に今後より活発な噴火活動に至るのか、今回の活動が一時的なものであるか等は現時点では分かっていないので、高精度の火山活動観測の体制の維持とともに、地下のマグマ供給系を明らかにする火山学的研究が重要である。

また、浅間山が20世紀中頃まで活発な噴火活動を繰り返していたことや、現在は観光地や別荘地が広がる浅間山の北斜面が過去の噴火による大被害を受けたことなど考慮すると、地元における火山防災の啓発活動を強化し、将来の火山災害の軽減に努める必要がある。

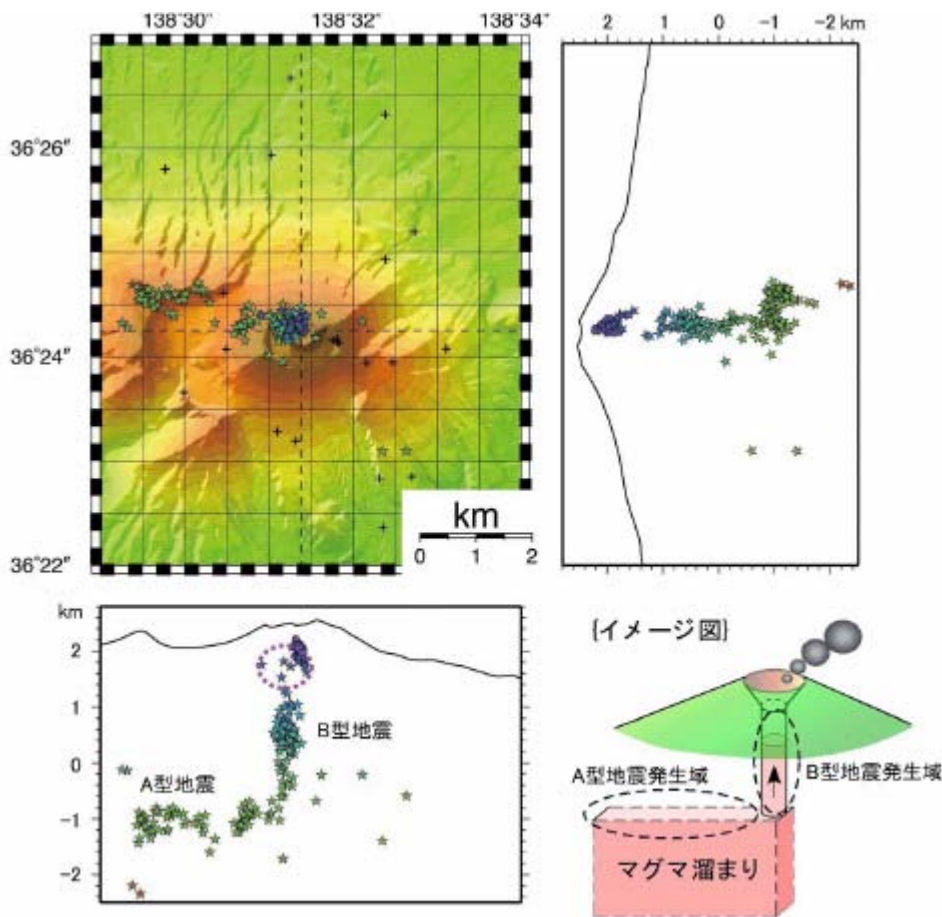


図1 2004年浅間山噴火で発生した火山性地震震源（東京大学による）。2004年9月末～2005年1月に発生した地震の震源を示す。浅所に密集する震源は9月1日噴火直前に群発した地震。破線丸印は2004年6月に発生した長周期震動に伴う短周期地震源。GPS地殻変動から推定されるマグマ溜まりの位置は、地下約4 km付近で西に伸びるA型地震の発生域直下にあたる。東京大学と気象庁の地震観測データを使用。

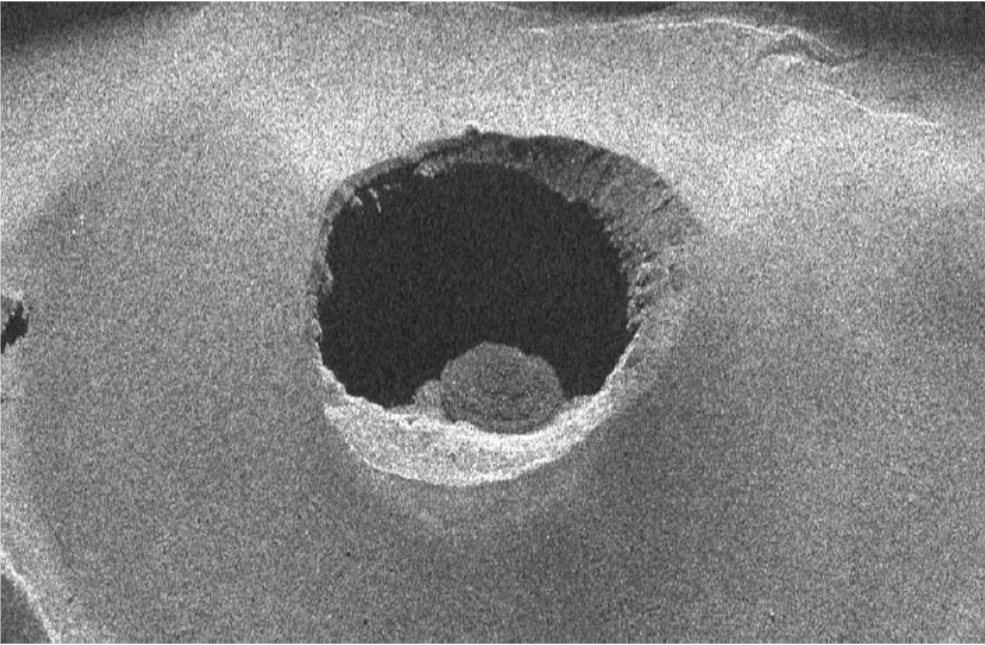


図2 噴火中の浅間山山頂火口の合成開口レーダー画像（2004年9月16日撮影。国土地理院による）。航空機搭載型合成開口レーダーによって北側から撮影された（画面上が北）。火口底に渦巻き模様の表面構造を持つ饅頭状溶岩塊が認められる。

< 特定火山論文リスト >

(査読論文)

- 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, 575-584.
- 中禮正明・瀧山弘明 (2005) 2004 年浅間山噴火活動に伴う傾斜変動について. 火山, 51, 91-101.
- 鍵山恒臣・小山悦郎 (2005) 浅間火山 2004 年噴火に関連した噴煙の時間変動. 火山, 51, 75-89.
- 三宅康幸・高橋 康・津金達郎・牧野州明・角前壽一・西来邦章・福井喬士・信州大学浅間火山 04 年噴火調査グループ (2005) 浅間火山 2004 年 9 月噴火の本質噴出物について. 火山, 50, 333-346.
- 森 俊哉・野津憲治 (2005) 浅間山噴煙中の火山ガス化学組成の遠隔観測. 火山, 50, 567-574.
- 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.
- 村上 亮 (2005) 最近 10 年の地殻変動観測の進歩と火山学への貢献, 火山, 50 周年記念特集号, S27-S47.
- 中田節也・吉本充宏・小山悦郎・辻 浩・卜部 卓 (2005) 浅間山 2004 年噴火と過去の噴火との比較による活動評価. 火山, 50, 303-313
- 西村太志・内田 東 (2005) 2004 年浅間山で発生した爆発地震のシングルフォースモデルによる解析. 火山, 50, 387-391
- 大木章一・村上 亮・渡辺信之・浦部ぼくろう・宮脇正典 (2005) 航空機搭載型合成開口レーダ (SAR) 観測による浅間火山 2004 年噴火に伴う火口クレーター内の地形変化, 火山, 50, 401-410.
- 大野希一・山川修治・大石雅之・高橋 康・上野龍之・井田貴史 (2005) 凝集粒子を用いた噴煙高度の推定-浅間火山 2004 年 9 月 23 日噴火に伴う降下火砕物の堆積様式-. 火山, 50, 535-554.
- 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
- 高木朗充・福井敬一・藤原健治・上田義浩・飯島 聖・山本哲也・坂井孝行・菅野智之・瀧山弘明 (2005) 地殻変動から推定される 2004 年浅間山噴火前後の浅部マグマ供給系. 火山, 50, 363-375.
- 寺田暁彦・井田喜明・飯島 聖・吉本充宏・嶋野岳人 (2005) 映像を用いた火山噴煙の運動解析と火山灰噴出量の推定-浅間火山で 2004 年 9 月 15-18 日に頻発した小噴火-. 火山, 50, 555-565.
- 寺田暁彦・嶋野岳人・飯島 聖・及川 純 (2005) 噴煙映像を用いた火山灰噴出量の推定 - 浅間火山 2003 年 2 月 6 日噴火の噴煙解析. 火山, 50, 183-194
- 津金達郎・牧野州明・三宅康幸・高橋 康 (2005) 浅間火山 2004 年噴火噴出物の鉱物組粒径分布とマグマの結晶化過程. 火山, 51, 49-61.
- 植木貞人・大久保修平・大島弘光・前川徳光・孫 文科・松本滋夫・小山悦郎 (2005) 浅間山 2004 年 9 月 1 日噴火前後の重力変化. 火山, 50, 377-386

- 山本眞紀・武尾 実・大湊隆雄・及川 純・青木陽介・植田寛子・中村 祥・辻 浩・小山悦郎・長田 昇・卜部 卓 (2005) 2004 年浅間山噴火に先行する特異な長周期地震活動. 火山, 50, 393-400
- 安井真也・高橋正樹・阪上雅之・日本大学浅間火山 2004 年噴火調査研究グループ (2005) 浅間前掛火山のブルカノ式噴火の噴出物の岩石組織の多様性- 天仁噴火から 2004 年噴火まで -. 火山, 50, 501-517.
- 吉本充宏・嶋野岳人・中田節也・小山悦郎・辻 浩・飯田晃子・黒川 将・岡山悠子・野中美雪・金子隆之・星住英夫・石塚吉浩・古川竜太・野上健治・鬼沢真也・新堀賢志・杉本 健・長井雅史 (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, 519-533.

(査読なし論文・報告書類)

- 防災科学技術研究所 (2003) 火山専用空中赤外映像装置による浅間山の山体表面温度観測結果(2002 年 8 月 29 日), 火山噴火予知連絡会会報, 83, 32-34.
- 防災科学技術研究所 (2004) 火山専用空中赤外映像装置による浅間山の山体表面温度観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 86, 31-32.
- 防災科学技術研究所・国土地理院 (2005) 衛星合成開口レーダ画像から検出された浅間山火口底の上昇, 火山噴火予知連絡会会報, 89, 47-49.
- 防災科学技術研究所 (2005) 浅間山噴火に伴う傾斜変化, 火山噴火予知連絡会会報, 89, 50-54.
- 防災科学技術研究所 (2005) 火山専用空中赤外映像装置による浅間山の山体表面温度観測結果 (2004 年 10 月 7 日、10 月 22 日観測結果), 火山噴火予知連絡会会報, 89, 55-58.
- 防災科学技術研究所 (2005) 浅間山近傍の傾斜変化 (2005 年 2 月 21 日-23 日), 火山噴火予知連絡会会報, 90, 30-31.
- 防災科学技術研究所・国土地理院 (2005) 衛星搭載型合成開口レーダから得られた 2004 年浅間山噴火に伴う火口底変化, 火山噴火予知連絡会会報, 90, 32-36.
- 防災科学技術研究所 (2005) 干渉 SAR による浅間山の地殻変動解析, 火山噴火予知連絡会会報, 90, 37-38.
- 千葉茂樹・山川修治・中山裕則・長井大輔・久保田郁夫・竹本弘幸・遠藤邦彦 (2006) 2004 年-2005 年, 浅間火山の噴火により遠隔地で観察された噴煙. 日大文理自然科学研紀要, 41, (印刷中)
- 橋本武志・鈴木敦生・茂木 透・山谷祐介・三品正明・中塚 正・小山崇夫・小山悦郎・小川康雄・相沢広記・氏原直人・松尾元広・平林順一・野上健二・田中良和・鍵山恒臣・宇津木 充・神田 径・宇都智史・大久保綾子 (2005) 平成 17 年度浅間山電磁気構造探査序報. 東京大地震研ニュースレター, (印刷中)
- 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), iii1-9.
- 中田節也・浅間山 2004 年噴火総合観測班 (2004) 浅間山 2004 年噴火の緊急観測調査. 第 41 回自然災害科学総合シンポジウム報告書 (東京), iii10-21
- 中田節也・浅間山 2004 年噴火総合観測班 (2005) 2004 年浅間山火山の噴火に関する総合

的調査研究. 第 42 回自然災害科学総合シンポジウム報告書 (京都), 21-31

山里 平・大賀昌一・大工 豊・舟崎 淳・松島正哉・内藤宏人・菅野智之 (2004) 気象庁による火山活動度レベルの公表. 火山, 49, 217-222.

吉本充宏・小山悦郎・平林順一・中田節也 (2005) 浅間山 2004 年噴火 (口絵解説). 火山, 50, 417-420