

[第4章]

# 御嶽山噴火概要



# 御嶽山・噴火の実態

名古屋大学大学院環境学研究科教授 山岡耕春  
産業技術総合研究所主任研究員 及川輝樹

## 噴火の歴史（及川）

### ●聖なる山 御嶽山

御嶽山は、遠く濃尾平野からも雪をかぶった姿が望める大きな独立峰だ。長野県内の平地からはその姿が見えることは少ないが、少し山に登ればその雄大な姿を眺めることができる。

このような遠くからも目立つ大きな山が人々の信仰を集めるのは当然である。御嶽山を祭る神社の存在は、文書など確かな記録においても中世には確認されることから、それ以前の古代から信仰の対象となっていたことは間違いない。日本列島における山岳信仰の歴史は古く、縄文時代にはあったともいわれ、様々な地域に御岳みたけとよばれ敬われる山々がある。その中でも、御嶽山は、別格の王の御岳であることから「おんたけ」とよばれるという説もある。

江戸時代の18世紀末に、それまで100日もの修行をへてからでないと登ることがかなわなかった御嶽山を、覚明行者が簡単な修行（軽精進けいしゅうじん）のみで山に登りお参り（登拝）できるようにした。そのうえで黒沢口登山道の整備も行っ

たため、多くの人が登拝をするようになった。その後、普寛行者が王滝口登山道をひらくなどしたことから、ますます信者を集める山となった。

おひざ元の木曾谷には、当時の日本の大動脈である五街道の一つ中山道なかせんどうが通っていた。そのため、御嶽山信仰は全国に広がり、それぞれの地域で御嶽山を信仰し登拝する人たちの集まりである御嶽講がつくられた。現在でも、7月下旬から8月上旬の登拝のシーズンには数多くの御嶽講の人々が山に登り、お参りをする。

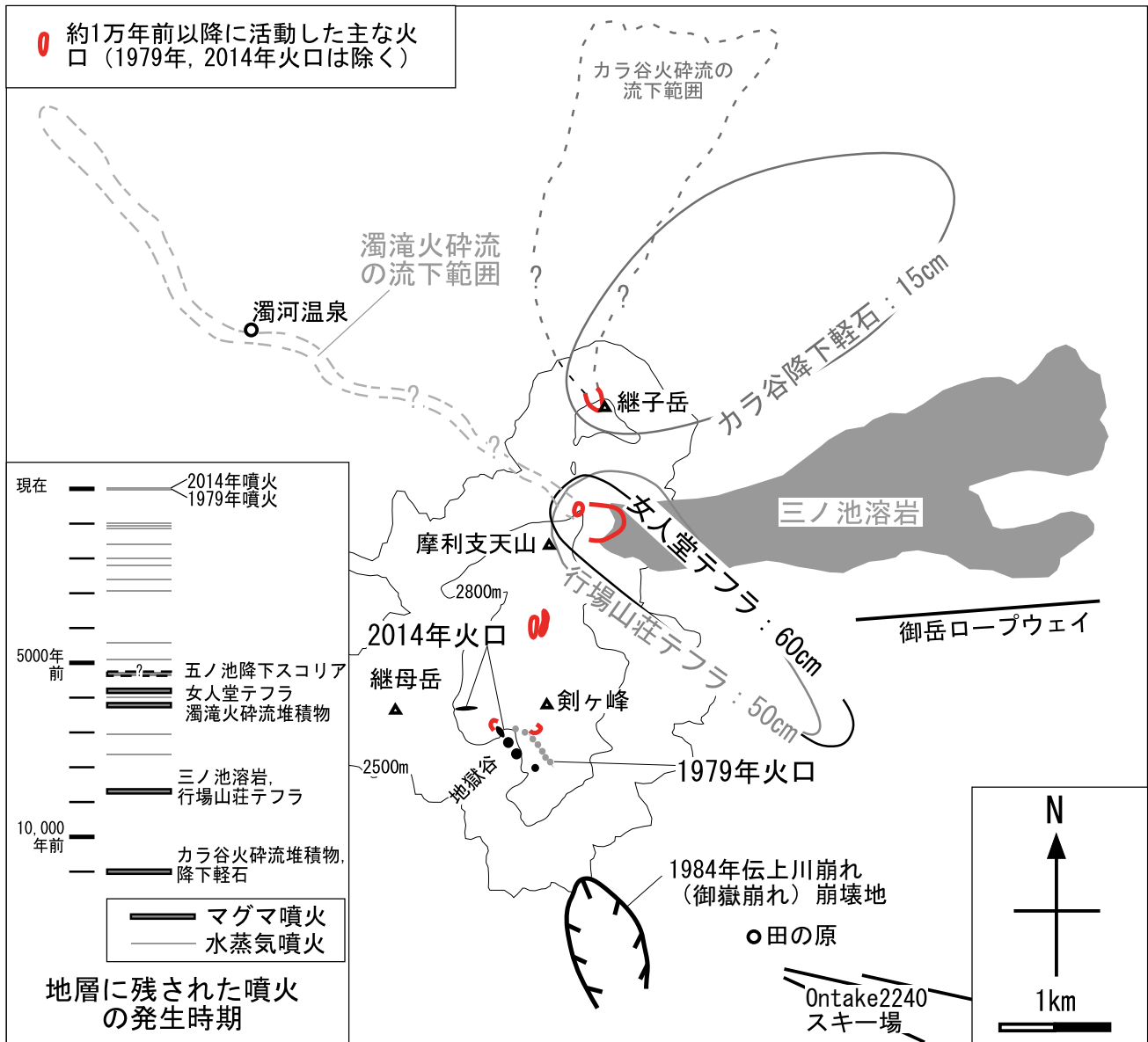
### ●御嶽山の生い立ち

標高3067メートルの御嶽山は、活火山としては富士山につぐ日本第二の高さを誇る。しかしその歴史は、約10万年前から活動を開始した富士山よりずっと古く約78万年前から活動を開始している。

御嶽山の活動は、78万年前から40万年前に活動した古期と、約12万年前から現在まで活動している新期に大き



〈図1〉北東から望む御嶽山（木曾町柳又付近から）。左の一番高い峰が最高峰の剣ヶ峰（3067メートル）。山頂部の稜線の長さは約3.6キロにもなる。2017年10月、及川輝樹撮影



〈図2〉最近約1万年間の噴火と噴出物の分布 (及川ほか、2014より)。カラ谷火砕流堆積物・降下軽石は約1万1000年前、濁滝火砕流堆積物は約6200年前、女人堂テフラは約5900年前の噴火による噴出物

くわけられる。山体は玄武岩から流紋岩の溶岩・火砕岩で構成され、体積80立方キロメートルにもなる大きな成層火山で、最高峰の剣ヶ峰を含む山頂部の広がりは南北約3.6キロ、東西約1.9キロにもなる (図1)。

遠い過去には、プリニー式噴火とよばれる多量の軽石を遠くまで降らす大規模な噴火活動をたびたび行っている。そのような噴火でつくられた地層で有名なものは、地質時代の境界を決める国際標準地の候補となっている房総半島の白尾火山灰や、中部地方から関東や東北にかけて分布する約十万年前の御嶽第一軽石などがあげられる。

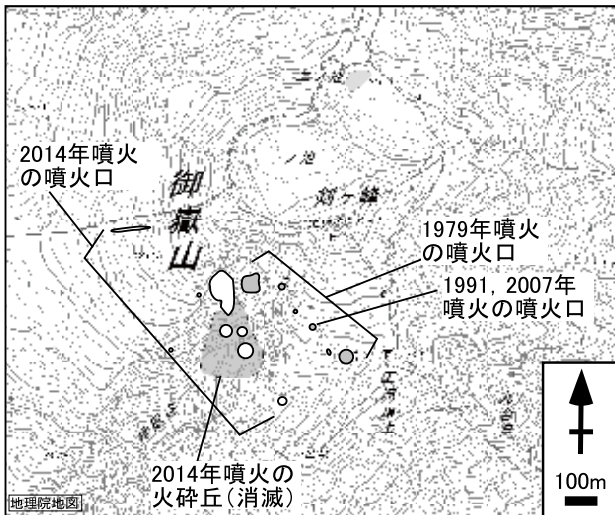
以前の研究では、御嶽山の噴火活動は、約2万年前以降にマグマを噴出することをやめ、それ以降は小規模な噴火、水蒸気噴火のみが発生していると考えられてきた。しかし最近の調査では、直近の1万年間にも、複数のマグマ噴火が発生していることがわかってきた (図2)。そのう

ち最も規模の大きな噴火は、約8700年前に5億立方メートルものマグマを噴出した噴火であり、それにより三ノ池溶岩の流出と降下火山灰および火山弾の噴出があった。

これら一連の研究で判明した御嶽山の噴火発生頻度は、他の日本の活動的な火山と同じ程度かやや高いグループに含まれる。そのため、1979年 (昭和54年) より前に噴火記録がなかったのは、たまたま活動の休止期にあっただけである。御嶽山は、活動を停止しつつある火山ではなく、今もお活動的な活火山と考えられる。

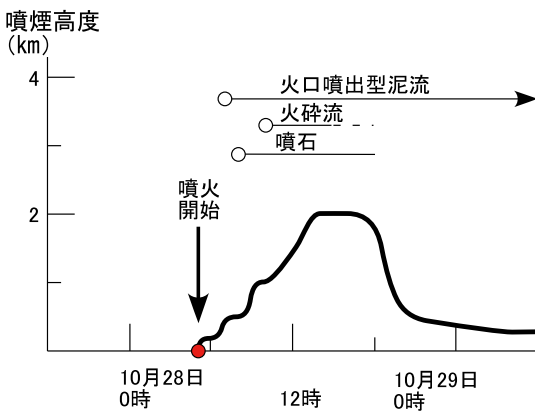
●近年の活動

文書などの記録に残る最初の噴火は、1979年の噴火である。そのため、1979年噴火は有史以来の噴火といわれているが、都市などから離れた山奥にある火山なので、記録がないからといって有史に噴火していないとは限らな

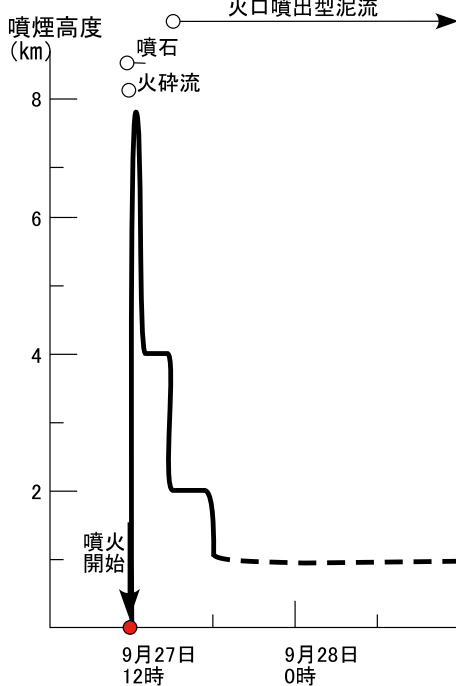


〈図3〉1979年および2014年噴火の噴火口。基図の地図は地理院地図を使用。火口位置は及川ほか（2018）のデータを使用

### A. 1979年噴火



### B. 2014年噴火



〈図4〉1979年（A）と2014年（B）の噴火推移。噴煙高度は噴火の強さにほぼ比例して高くなる。2014年噴火は最初に最大規模の現象が発生したが、1979年噴火は比較的ゆっくり進展していったことが読み取れる

い。文書などの記録によると江戸時代後期の17世紀ごろから、噴気活動が剣ヶ峰南側の地獄谷周辺で続いていたことがわかっている。そのため1979年以前も火山活動をまったく停止していたわけではない。御嶽山は今も昔も生きている火山である。

1979年噴火以後は、1991年（平成3年）、2007年（平成19年）、2014年（平成26年）に噴火が発生した。いずれも水蒸気噴火とよばれる新鮮なマグマを噴出しな噴火である。そのうち1979年、2014年の噴火は比較的規模が大きかったが、1991年、2007年の噴火はごく小規模であった。これらの噴火は一口に水蒸気噴火といっても、噴火の規模ばかりでなく前兆の程度や噴火の進展なども大きく異なる。

### ●水蒸気噴火

最近の噴火について語る前に、水蒸気噴火についての解説を行う。

水蒸気噴火は、噴出物の中に新鮮なマグマ物質が認められず、噴出物のほとんどが既存の火山体からもたらされた岩石片などで構成される噴火のことである。多くの場合、地下に存在する高温の液体の水、すなわち熱水が、急激に水蒸気となることで膨張し周囲の岩石を吹き飛ばすことで起こる噴火である。

熱水が急激に水蒸気になるのは、周囲の圧力が低下することによって引き起こされる。圧力の低下は、熱水が地下から上昇することや熱水の入れ物となっている周囲の岩石が破壊されることで引き起こされる。周囲の岩石の破壊は、

- ①地すべりなどの土砂の斜面移動
- ②マグマからの火山ガスや熱水流体の注入や加熱による圧力上昇の結果による破壊
- ③地震活動やマグマの貫入による地殻変動
- ④熱水だまりから放出されていたガスや水蒸気の通路が詰まり、圧力が高まって破壊

などの多くの要因で起こりうる。そのため、水蒸気噴火は、火山に限らず高温の水蒸気が噴出する噴気活動が活発な地熱地帯でも発生しうる。

噴火の際は、火口から弾道を描いて飛来する岩塊（噴石）や噴煙とともに上昇した細かい火山灰や小石などが空中から降ってくる降灰のほか、火山灰や岩塊などの噴出物が地をどのように流れ下る火砕流、火口から熱水があふれて土砂と一緒に流れ下る火口噴出型ラハール（火口噴出型泥流）なども発生する。火砕流はマグマ噴火ともなって発生するものに比べて低温だが、巻き込まれると火傷をするぐらいの温度になることもある。これら火砕流や火口噴出型泥流は、火口から離れた地点においても被害を及ぼすため、防災上注意すべき現象である。

水蒸気噴火によってもたらされる噴出物量は数千万立方メートル以下で、火山噴火の中では比較的規模が小さい。ただし、マグマ噴火に匹敵する規模の噴火も発生していることから、水蒸気噴火だから小規模であるとはいえない。また、マグマ噴火に移行することもあり注意が必要である。

噴火の前兆となる異常は、マグマ噴火に比べて比較的浅い所で少量の物質が移動し発生するため、狭い範囲でしか観測されずその量も小さい。また、前兆から発生までの時間差も少ない傾向があり、減災に結びつく予知・予測が難しい。

### ● 1979年噴火

1979年噴火は、10月28日の早朝5時ごろに開始し、火山灰を約150キロ離れた群馬県前橋市まで降らした。噴出物の総量は約100～130万トンと算出されており、水蒸気噴火の中ではやや大きめの噴火であった。しかし、噴火した時に山頂に登山者などが複数いたにもかかわらず、死者・行方不明者は発生しなかった。

当時も御嶽山は活火山に認定されていたが、噴火記録が知られていない火山が突然噴火したこと、この規模の噴火は想定されていなかったことなどから、噴火の衝撃は大きく、全国の活火山の見直しを進めるきっかけの一つとなった。

1979年の噴火の前兆としては、噴火後に山頂直下に震源がまとまる地震が発生したことが噴火後に明らかになっている。当時は御嶽山の火山観測を行うための地震計などの計器は設置されていなかった。しかし、周辺の高根や牧尾ダムなどに設置されていた地震計の記録を噴火後に詳しく解析すると、山頂直下の地震が噴火前の27日23時ごろから発生しはじめ、地震活動が活発化していた。

その他、1979年の夏以来、噴火口から北に2キロほど離れた三ノ池の湖水が濁り色調が変化していたことなどの



〈図5〉1979年噴火の様子。木曾町撮影

指摘があるが、これが噴火の前兆であるかははっきりとしない。そのため、体感できた確かな前兆と考えられるものはない。

噴火は、地獄谷の源頭付近から八丁ダルミ方向に伸びる北西～南東方向に、複数の火口を新たに開口させ発生した(図3)。10月28日の5時ごろに噴火が開始し、徐々に強度を増して28日14時すぎにピークを迎えたが、28日中には主な活動を停止した。噴火の開始は早朝であったが、登山者は山中に30名ほどおり、そのうち十数名は山頂付近にいたと考えられている。その登山者の体験談、山麓や上空からの観察をまとめると次のようになる(図4)。

10月28日5時20分ごろから噴火による震動が地震計に記録されるようになったが、最初の噴煙が目撃されたのは、それ以前の5時ごろからであった。噴火は静かに開始したようだ。噴火開始から間もなくの5時15分ごろ、火口近くの玉滝頂上から剣ヶ峰に向かう登山道沿いを登山者が通過していたが噴火に気が付かなかった。同様に、この時、剣ヶ峰にテント泊していた登山者も噴火の発生に気が付いていない。なお降灰は、5時30分ごろから剣ヶ峰付近とその東側の百間滝、木曾温泉、鹿ノ瀬温泉などで確認されはじめた。



〈図6〉田の原から望む御嶽山と長野県西部地震による崩壊地。写真左側の大きく崩れた部分が1984年の地震による御嶽(伝上川)崩れ。及川輝樹撮影

剣ヶ峰山頂付近で宿泊していた登山者によると、6時前から、地獄谷方面からジェット音が聞こえ強い硫黄臭がしはじめた。その時には、噴煙や降灰のためか周囲の視界が悪かったが、噴石などは確認していない。8時ごろからさらに視界が悪くなり、泥雨状の降灰やミカン大の噴石が降ってくるようになったため、剣ヶ峰から王滝頂上へ40分以上かけて逃げ下った。この登山者は逃げる途中に噴石にあたり、頭と首を負傷したが、自力で田の原まで下山している。

同じく8時ごろ、それまで500メートルほどの高さで山麓から見えていた噴煙が黒色に変化して勢いを増しはじめ、9時ごろには噴煙高度が火口から約1000メートルの高度に達した。11時ごろからさらに活発化し14時すぎその活動のピークを迎え、噴煙高度は1000～2000メートルに達した(図5)。なお、気象庁からの噴火の発表は12時であった(臨時火山情報第1号)。

14時すぎの活動のピーク時には、火口から1メートルほどの噴石が放出されているのが遠望により確認された。この時の噴石が、剣ヶ峰周辺の山小屋や神社に被害をあたえたと推定されている。

さらに10時ごろから地獄谷内の主火口の周囲に極小規模な火砕流が発生し、火口から地獄谷沿いに500メートルほど流れ下っているのが観察されている。

その後、28日夕方から噴煙の勢いは弱くなりはじめ、28日夜にはさらに勢いが弱まり、29日朝には著しく弱くなり白煙をあげるだけとなっていた。噴出物は、粘土質の火山灰が主で、火口近傍にはそれに火山礫、火山岩塊などが混じる。

また、噴火の最中から火口から泥まじりの温水が噴出、火口噴出型泥流が発生した。10月28日7時ごろから、火口から泥まじりの温水の噴出によるものと考えられる河川水の濁りが地獄谷の下流で観察されるようになった。このような火口から泥まじりの温水が噴出する現象は、噴出す

る場所を変えながら1980年(昭和55年)末ごろまで続いている。

10月29日以降の活動は次のようにまとめられる。1980年の春の雪解けまでは、噴気によって火口付近の雪面が黄色ないし灰色に変色する状態が続いたが、噴煙高度は概ね300メートル以下と噴火時よりは低かった。1980年1月8日、29日には噴煙活動がやや活発になり、それぞれ火口から500メートル、1000メートルの高さの噴煙をあげた。1980年4月18日には白色の噴煙を高さ500メートルまであげ、田の原まで極微量の降灰をとまう噴火が発生した。4月25日も噴煙がやや多くなり山頂付近の雪面が灰色になった。しかし、1981年以降は噴気の勢いも弱くなり、泥水の噴出も収まり静穏化している。

なお、噴火活動と直接の関係はないが、この噴火が収まった後の1984年(昭和59年)9月14日には、御嶽山の南東麓でマグニチュード6.8の長野県西部地震が発生した。この地震により、御嶽山の南西側の斜面が崩壊し29名が亡くなった。特に伝上川上流の尾根が大きく崩れ、伝上川・濁川沿いを10キロ以上流れ下る岩層なだれが発生した。この崩壊は「御嶽崩れ」ないし「伝上川崩れ」などとよばれており、今も登山口である田の原から大きな崩壊地が望める(図6)。

## ● 1991年噴火

1991年4月末から山頂直下に震源をもつ地震が増加し、5月に入ると火山性微動も発した。5月13日午後から16日夜までの間、正確な噴火日は特定できていないが、極小規模な噴火が発生した。

5月30日の現地観察結果によると、この噴火は1979年火口の一つであるS-7火口から発生し(図3)、主に粘土質の火山灰を、火口から東の200×50メートルの範囲に降下させた。総噴出量はせいぜい数十トン程度と見積もられ極小規模な噴火である。

## 2007年噴火(山岡)

### ■ 噴火の概要

#### ● 噴火の正確な日時はわからない

2007年噴火の正確な日時は今もってわかっていない。噴火の規模が小さく麓にまで火山灰が降るような噴火を起こさなかったこと、天候が悪く噴火そのものの目撃がないことが原因である。2006年の暮れから地震活動の活発化

などの現象が観測され、噴気の活発化が麓から目視で観測されていたものの、気象庁職員が実際に5月29日に調査登山して初めて火山灰の痕跡を発見し、噴火していたことが明らかになった。

気象庁による御嶽山の火山活動解説資料をたどってみよう。

噴火の前兆は2006年の12月20日頃から観測されていた山頂付近の直下を震源とする地震活動である。気象庁が



〈図7〉2007年噴火後に気象庁が現地調査で撮影した写真。残雪の上に火山灰が残されている（気象庁活火山総覧・第4版より）

計数した地震回数では12月31日に1日70回の活動のピークを観測し、その後1月に入ってから活発な地震活動が続いていた。さらに1月16日には163回を数えるほどの活発な状況となった。そのため、気象庁は1月19日に臨時の火山活動解説資料を発表し、御嶽山が「やや活発な状況」であるとした。地震活動はそれ以降盛衰を繰り返しながら徐々におとろえていき、3月13日に一度活動ピークを迎えたものの、4月の後半には一日1回を数えるかどうかというレベルにまで低下した。

目視で観測できる異常は、3月16日に麓の三岳黒沢に設置されている遠望カメラで確認された噴気が初めてである。2003年9月22日以来、この遠望カメラで噴気は観測されておらず、およそ3年半ぶりの噴気の観測であった。噴気は風向き・風力や気温・湿度などの気象条件により見えたり見えなかったりするため日々の火山活動変化の評価には不向きであるが、長期的な火山活動の変化は反映している。したがって、3年半も噴気が見えなかったことは、不活発であった火口の噴気が2007年に活発化したことを示している。

#### ●ごく少量の火山灰を確認

2007年に噴火したことがわかったのは、気象庁職員が5月29日に御嶽山に登って現地調査をした際に残雪の上に薄く残っている火山灰を発見したからである（図7）。残雪は2006～2007年の冬に降った雪であるため、その上に残っている火山灰は冬の間に降ったものであることがわかる。火山灰はその分布から1979年の噴火の際に形成された第7火口（79-7火口）から噴出したものであることが明らかになった。火山灰の量は、1979年や2014年噴火では約100万トンであったことからするときわめて少量であった。79-7火口からの水蒸気噴出の勢いが一時的に増加し、

火道内の砂の粒子を吹き飛ばしたものと考えられる。

現地調査では、火山灰の上に黄砂が積もっていることも確認された。2007年は4月の1日から2日に岐阜・長野で黄砂が観測されていることから、それ以前に火山灰が噴出したものと考えられた。また、火山灰の噴出時には火山性微動が観測されることが多いが、火山性微動は、1月下旬から2月上旬（2月5日をピークとする1月25日から2月9日）、および3月の中旬（3月15日をピークとする3月12日から25日）に活発となっている。これらのことと、噴気が麓から目視で観測されたのが3月16日であることを考慮すると、噴火は3月15日頃であった可能性が高いと考えられた。

## ■噴火にともなう観測データ

### ●超低周波地震と地殻変動

2007年の活動にともない、1月25日に御嶽山の直下を震源とする超低周波地震が観測された。超低周波地震とは、通常の地震に比べて揺れの周期がきわめて長い振動のことである。そのため振動というよりも地盤のゆっくりとした動きと表現したほうが良いものである。その意味で地震よりも地殻変動に近い現象であり、地下のマグマや水蒸気などから受ける力による地盤の動きと解釈すればわかりやすくなる。マグマが上昇する時には地下の岩盤を押し分けて上昇することがあるが、その場合には地表のGNSS（GPSなどの測地衛星を用いたナビゲーションシステム）や傾斜計などの地殻変動観測装置で変化を捉えることができるし、岩盤を押し分ける速度が速ければ超低周波地震として観測される。いずれも詳細な解析によって地下の岩盤に働いた力を推測することができる。

2007年に観測された超低周波地震の周期は約1分と非常に長いものであった。データを解析した結果、御嶽山の山頂直下2.5キロ付近にある垂直な割れ目がゆっくりと開閉したことが明らかになった。また田の原と濁河温泉にあるGNSS基準点の距離が2006年の末から2007年の2月にかけて1センチ(10<sup>-6</sup>)ほど伸びたこととあわせて考えると、御嶽山の直下2.5キロほどにあった地下水が熱せられて圧力が上昇し、割れ目を通じて上昇した可能性が指摘された。これが3月に発生したと推定される水蒸気の噴出につながったと考えられた。

### ●地震活動と火山性微動

2007年の噴火にもなつて地震や火山性微動も観測された。ここでいう地震とは地下の岩盤が力を受けて破壊され震動を発生する現象である。火山で発生するので火山性地震と呼ばれることもあるが、メカニズムそのものは通常の地震と同じである。火山性微動とはマグマや熱水・水蒸気が岩盤中を移動する際などに発生する振動現象である。噴火の際には火口から火山灰やマグマを噴出するため、震

動を発生する。これも火山性微動と呼ばれる。火山で発生する低周波地震と呼ばれている現象も多くは火山性微動の一種で、継続時間の短いものを低周波地震、長いものは微動と呼ばれることが多い。いずれも現象につけられた名称であり、厳密に区別することは難しい。

2007年の噴火にもなつて各種観測データを見ると、まず地震活動が先行し、その後低周波地震と火山性微動が活発化し、噴火に至っていることがわかる。いずれも気象庁が基準を決めてカウントしたものである。地震活動は2007年の1月に活動の中心があるが、低周波地震と火山性微動は2月から3月に活発化している。これはマグマ性の流体が岩盤を割る際に地震を発生し、その後に流体そのものが移動を開始すると解釈できる。流体移動の最終段階となった3月中旬に地表に水蒸気を噴出したらしい。その後低周波地震や火山性微動も収まっていくことは水蒸気噴出によって地下の圧力が減少したことを示しているのだろう。水蒸気噴火はマグマ上昇の先駆けとなることもあり、その後の推移も注視されたが、特段の地殻変動もなく、ごく小規模の水蒸気噴火をもって2007年噴火は終息した。

## 2014年噴火の推移 (及川)

### ●2014年噴火

2014年噴火は9月27日11時52分30秒ごろ、大きな爆発音もなく始まった。噴火開始とほぼ同時に地獄谷内とその周辺に新たに火口が開き、そこから多くの噴石を吹き飛ばすことで多数の死傷者が発生し、さらに低温の火砕流も発生した。最大規模の活動が噴火開始とほぼ同時に発生したことが特徴である(図4)。

噴出物は粘土質の火山灰と既存の山体を構成する岩石からなり、その総量は、1979年とほぼ同量の約100万トン(60~140万トン)である。2014年の噴火規模は1979年と同程度であったが、多数の死者・行方不明者がでたことが大きく異なる。

### ●前兆

今回の噴火につながる異常は、9月10日ごろから顕著に現れはじめた。山頂直下の火山性地震が日に50回を超え、火山活動の活発化が認められたため、気象庁は9月11日に「火山の状況に関する解説情報」を発表し注意を喚起した。

解説情報を受け、地元の木曾町、王滝村は山頂部の山小屋に地震の増加を伝え注意を促すとともに、異常の有無を確認したが、特に異常の報告はなかったそうである。その

一方、噴火後のマスコミ等の報道では、事前に噴気活動の活発化や異常なガス臭などがあったとの証言が報告されている。しかし、御嶽山をよく知る地元山岳ガイドや山小屋関係者に直接聞き取りを行ったところ、体感できるような噴気の増大はなかったとの証言を得た。

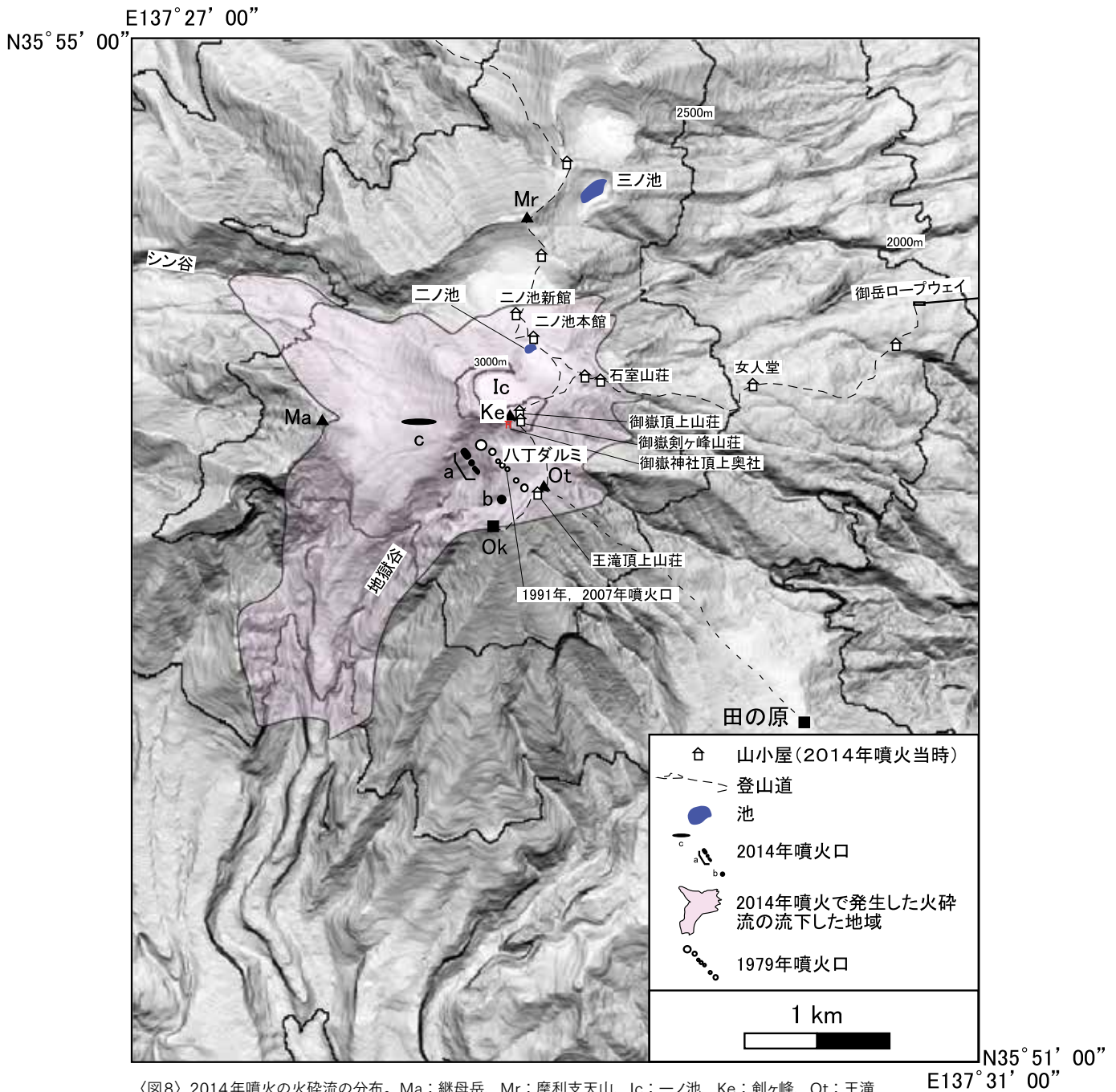
さらに、噴火当日の午前には確かにガス臭はしたが、風向きによっては同じぐらいの臭いがすることがよくあることから、異常な火山ガス臭とは考えなかったとの証言も得ている。そのため、2014年噴火も体感できるような前兆はなかったと考えられる。

なお、気象庁が発表する「火山の状況に関する解説情報」は、地震の回数が減ってきたことから、9月16日を最後に噴火発生後まで発表されなかった。

### ●噴火の推移

2014年の噴火は、1979年火口列の南側に新たに火口列を形成しながら発生した(図3)。火口列は、東から西に、奥ノ院下(図8のb)、地獄谷内(図8のa)、一ノ池西側の斜面(図8のc)の大きく三つの領域に分けられる。そのうち、地獄谷内につくられた複数の火口(図8のa)の活動が最も活発で大きく、一つは谷の側壁を大きくえぐるようにつくられた(図9D)。





〈図8〉2014年噴火の火砕流の分布。Ma：継母岳、Mr：摩利支天山、Ic：一ノ池、Ke：剣ヶ峰、Ot：王滝頂上、Ok：奥ノ院。山小屋の名称は当時のものを使用。Oikawa et al. (2016) の図を日本語化

活動の順は、地獄谷内の火口が、最初に活動を開始し、その後奥ノ院下の火口が11時53分ごろに開口した。一ノ池西側の火口はその後活動したようだが、正確な活動開始時間は不明である。

噴火を直接体験した登山者や山小屋関係者からの聞き取りや映像から2014年噴火を復元すると、噴火は大きく三つのフェーズに分けられる。噴火開始の11時52分から12時15分ごろまでがフェーズ1（火砕流発生期）、12時15分から16時ごろまでがフェーズ2（泥雨まじりの降灰期）、16時以降のフェーズ3（火口噴出型泥流発生期）に分けられる（図10）。

なお、火口噴出型泥流以外の噴出物の主な放出は27日

のみであった。噴火は開始期が一番大きく、その後、勢いをだんだん減じて終了したと考えられる。

以下、そのフェーズごとに噴火の推移を記す。

フェーズ1（11時52分から12時15分ごろまで）——比較的低温で本質物を含まない火砕流の発生と、多量の噴石の放出で特徴づけられる。

火砕流は標高3500メートルまで上昇した噴煙が崩壊することで発生し、火口から四方に広がった。火砕流の発生は、フェーズ1の間に限られるが、11時52分から12時ごろにかけて複数回発生した。

それらの火砕流は、火口から四方に広がり、特に南側の地獄谷沿いと、北西方向に長く流れ下った（図8）。南側



〈図9〉2014年噴火の噴火口の写真。いずれも及川輝樹撮影。A：北側から望む。手前の池が二ノ池。その上の平坦なところが一ノ池。一ノ池の奥が地獄谷でその中に主な火口がある（2014年9月28日撮影）。B：南から地獄谷を望む（2014年9月28日撮影）。中央の深い谷が地獄谷でその中と外の左側の西斜面に火口が開いた。C：噴火3日後の御嶽山（2014年9月30日撮影）。地蔵峠展望台から望む。降灰は収まったが、勢いのある噴煙がたなびく。D：地獄谷内の主火口の一つ（2017年7月撮影）。西側から望む。点線で囲んだ部分が噴火によって谷の側壁がえぐられてつくられた火口。E：一ノ池西側の火口（2017年7月撮影）。一ノ池西側から東向きに望む。奥の山は継母岳

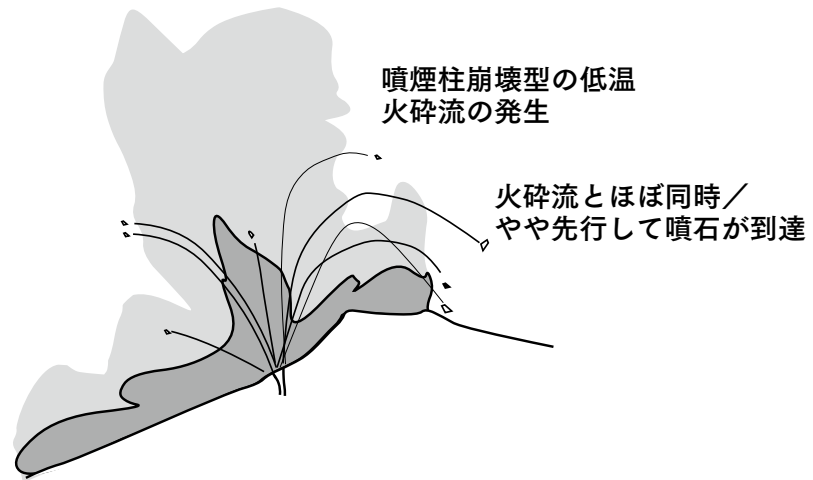
の地獄谷沿いに流れ下った火砕流は、噴火開始後7分40秒後に火口から約2.5キロのところまで達して停止したことが、中部地方整備局が濁川沿いに設置している監視カメラ（滝越）によってとらえられている（図11）。その速度は、時速約30～70キロと見積もられている。

火砕流は多くの犠牲者がでた八丁ダルミや剣ヶ峰山頂部にも到達した。火砕流流下域に生えていたハイマツなどの

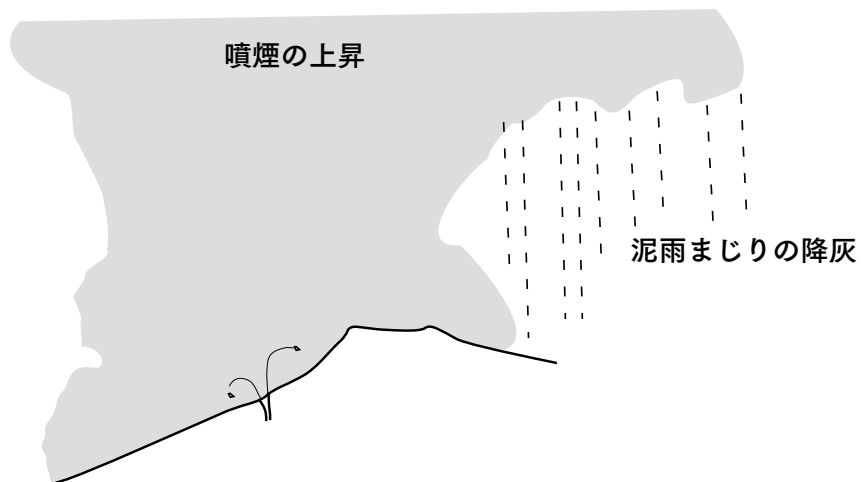
樹木は、噴火直後の上空からの観察でも焼け焦げてはいなかったため、マグマ噴火で発生する火砕流のような温度ではなかった。しかし、火口近くのハイマツは数日後には葉が茶色に枯れ変色しているのが確認された。

聞き取り調査などに基づく、山頂付近に到達した火砕流の温度は、部分的に100℃を超えた可能性はあるが、概ね30～100℃程度と推定される。またその流れは、水滴

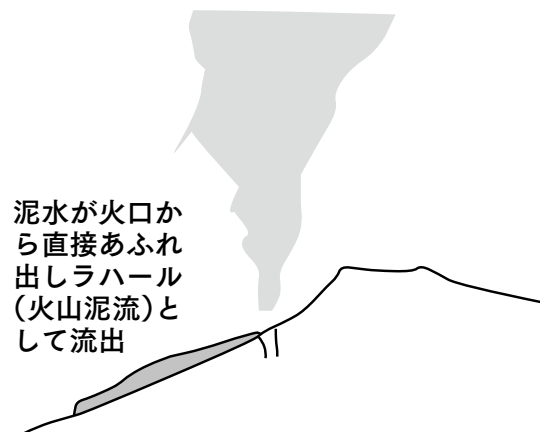
フェーズ1：火砕流発生期



フェーズ2：泥雨まじりの降灰期



フェーズ3：火口溢流型泥流期



〈図10〉2014年噴火の推移。及川(2016)より

などの液体の水を含まない乾燥した流れであった。

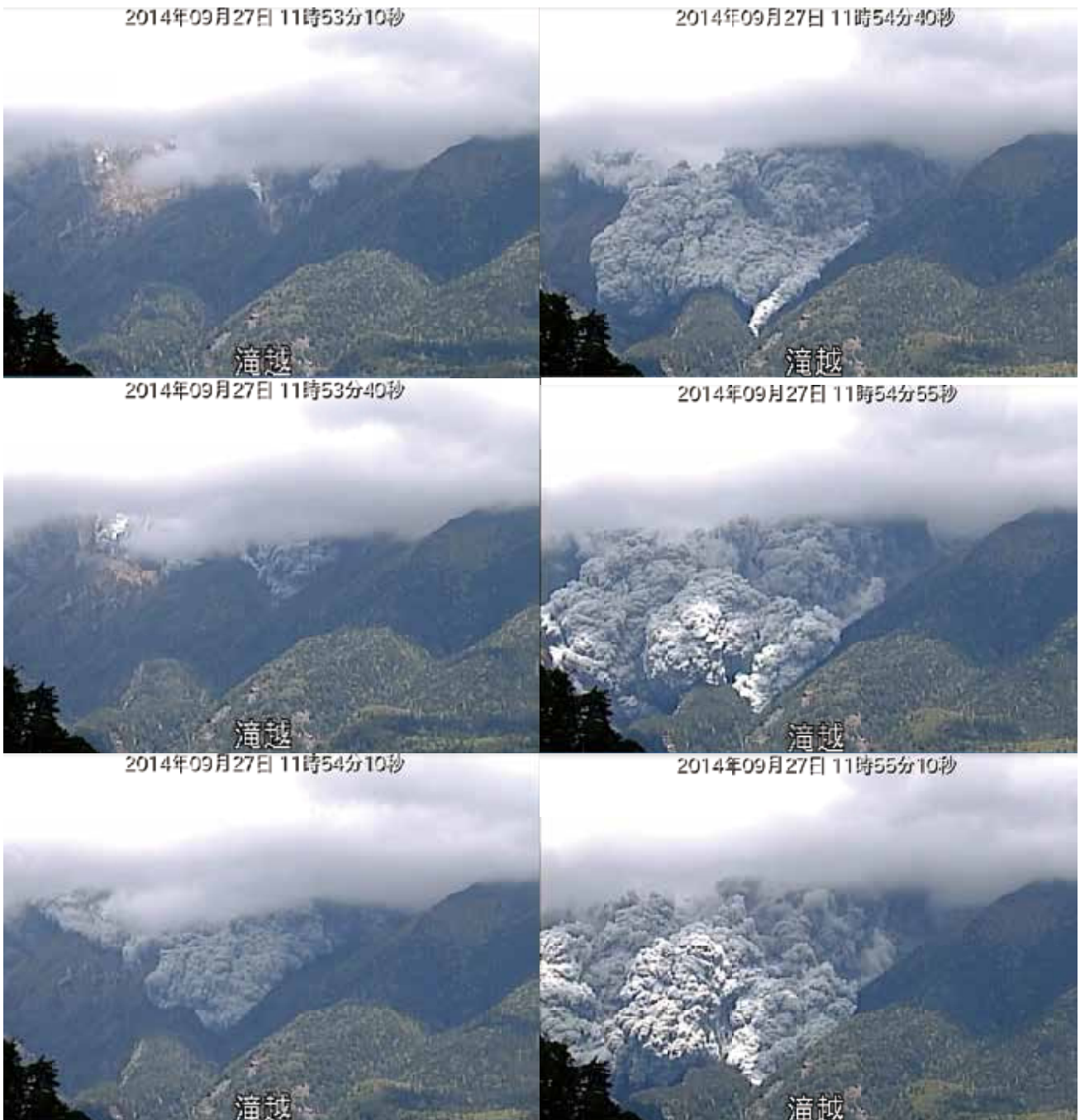
これら火砕流の到達とほぼ同時に、山頂部にいた登山者を多数の噴石が襲った(図12、13)。火口から弾道を描いて飛来する岩塊、噴石の発生は、噴火開始直後から発生したことが写真等からわかっている(図12A)。その到達時刻は、八丁ダルミでは火砕流の到達とほぼ同時の噴火開始後数十秒以内であったが、剣ヶ峰山頂では噴火開始から1分ほど後であった。

山頂部に降りそそいだ噴石は、大部分は長径30センチ以下であったが、大きなものは長径70センチほどあり(図12C、13D)、木造の山小屋などの建造物の屋根や壁、神社の石造物などを破壊し、直径5センチ程度の鉄パイプも破

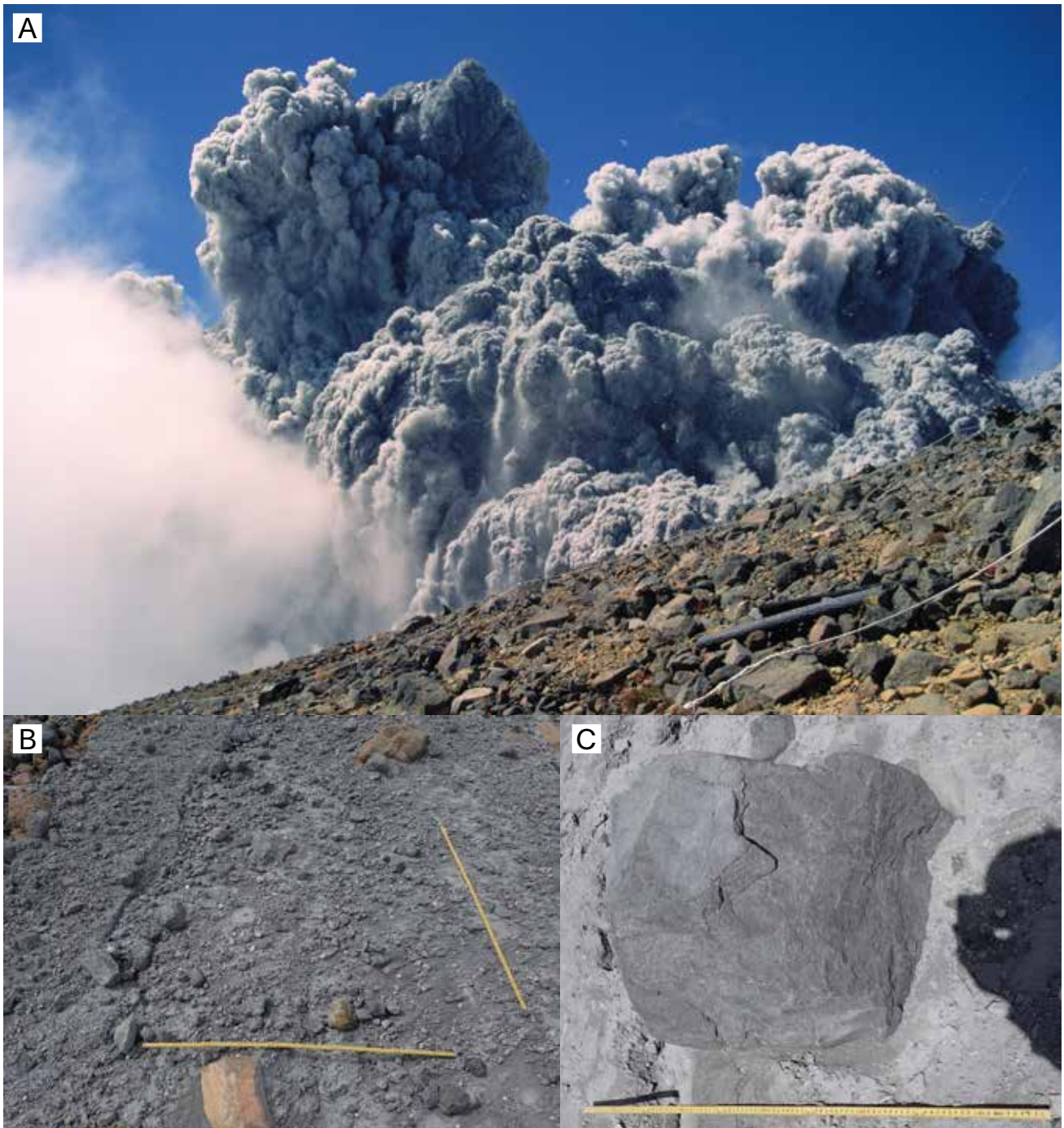
断させるほどの威力があった(図13)。しかし、山小屋の屋根を完全に貫通したものは少なく、山小屋の中に逃げ込んでから噴石により死亡するほどの傷を負った人はいなかった。このことは、木造の山小屋でも噴石を防ぐ効果が大きく、そこに逃げ込むことの有効性を示している。

山頂付近では12時50分ごろまで噴石が降っていたが、多量に降ったのは火砕流の発生と同じくフェーズ1の間であり、その後は量が少なくなった。

なお、火砕流が到達しなかった地域には火口および火砕流から巻き上がった火山灰が降った。降ってきた火山灰は、フェーズ1の時点では水滴が混じっておらず乾燥していた。



〈図11〉 地獄谷を流れ下った火砕流。国土交通省中部地方整備局多治見国道砂防事務所設置の滝越カメラの映像より



〈図12〉 飛散する噴石。A：八丁ダルミから。噴火開始直後の噴煙と噴石（2014年9月27日11時52分40秒ごろ）。垣外富士男氏撮影。B：剣ヶ峰周辺の噴石の飛散状況（2015年、及川輝樹撮影）。黄色いスケールは1メートル。握りこぶし大の噴石が多数降っているのがわかる。C：八丁ダルミ周辺で最大規模の噴石（2015年、及川輝樹撮影）。黄色いスケールは1メートル

フェーズ2（12時15分から16時ごろ）——泥雨まじりの降下火山灰の降下で特徴づけられる。噴煙高度は、火砕流の発生が終了し、多数の噴石を山頂付近に降りそそいだ後の12時20分ごろに最大高度（火口上7.8キロ）に達した。

それとほぼ同じ時間の12時15分前後には、山頂部で火山灰まじりの泥雨が降りはじめた（図14A）。その後噴煙高度はやや低くなったが、火口上4キロ程度の高度を15時ごろまで保ち、高くあがった噴煙は風に流され、そこから火山灰を広い範囲に降らせた（図14B、C、D）。うっすらとした降灰は、山梨県東部まで到達したが、1センチ以

上厚く火山灰が降り積もったのは御嶽山の山中に限られる（図14、15）。麓の住民がいる地域への降灰は数ミリ以下の厚さであったため（図14C）、農作物などへの影響を除き被害は少なかった。

なお、フェーズ1から2にかけての活動で、地獄谷内の火口周辺には小型の火砕丘が形成された。しかし、10月上旬に相次いで接近した台風18、19号にともなう降雨のため、土石流となって下流に流れ失われてしまった。これらの土石流は、火口から約7.5キロ流れ下り濁川まで達したが河川の流路内からあふれることはなかった。

フェーズ3（およそ16時以降）——火口から泥まじりの熱水、火口噴出型泥流が流れ出たことで特徴づけられる（図16）。16時ごろから、地獄谷内の火口から泥まじりの熱水があふれ出はじめたことが報道等の写真から読み取れる。

流れ出た泥水は火山泥流となり、濁川の流路に沿って火口から5キロ離れた地点まで顕著な泥の堆積物を残した。泥水はさらに下流の牧尾ダムまで達してダム湖の水を濁らせた。この火口からの泥水のアふれ出しは長期化し、2016年（平成28年）7月ごろまで続いた。

なお噴煙は、泥水のアふれ出しにやや遅れて勢いが弱くなり高度も低くなった。気象レーダーによると、17時40分以降には、噴煙高度が火口上2キロ以下の高度となり、フェーズ2より著しく低くなった。なお山頂部における降

灰は、27日夕方にはほとんど停止しており、火口からの泥水の流出を除く主な噴出物の放出は、27日中に終了した。

●被害拡大の原因

噴火は、

- 1) 新たな火口が開き噴火が開始。
- 2) 噴火開始とほぼ同時に低温の火砕流が発生し、同時に多量の噴石も火口から放出。火砕流やこの時に降ってきた火山灰には水滴などの液体の水が含まれず乾燥していた。
- 3) 火砕流の発生が終了した後、噴煙が高く上昇し最高高度に到達。そのころから火山灰まじりの泥雨が降る。



〈図13〉建造物の噴石被害。2014年11月及川輝樹撮影。A：御嶽神社頂上奥社祈禱所の火口側の壁。噴石による損傷が激しい。B：噴石によって穴が開いた御嶽頂上山荘・御嶽剣ヶ峰山荘の屋根。C：御嶽神社奥社。神像の頭が損傷して失われている。D：御嶽剣ヶ峰山荘の屋根に突き刺さった噴石。長径70センチほどの大きさ

4) 火口から熱水があふれ出し、火口噴出型泥流として地獄谷を流下

といった順に進んでいった(図10)。このような進展から、噴火のメカニズムは次のように考えられる。

- ①熱水が急に減圧したことで多量の蒸気がつくられ、その膨張によって周囲の岩石を吹き飛ばして新たな火口をつくりながら噴火が発生。
- ②吹き飛ばされた岩石を多量に含む重たい噴煙が形成され、上昇しきれずに崩壊して火砕流が発生。
- ③火砕流として重いものを落としたため、軽くなった噴煙が上昇。
- ④上昇し膨張した噴煙は冷え、中に含まれていた水蒸気が水滴となり火山灰とともに泥雨として降下。
- ⑤最後に水蒸気になりきれなかった熱水が火口からあふれ出し火口噴出型泥流として流下。

つまり、2014年噴火は、熱水が、急激に水蒸気となることで膨張し周囲の岩石を吹き飛ばすことで起こる噴火、水蒸気噴火としては必然的な噴火推移をたどったと考えられる。

このように、2014年噴火の規模や発生した現象、噴火

の進みぐあいなどは、水蒸気噴火としてはごく標準的であり特異な噴火が起こったわけではない。噴石の飛散した範囲も特に広いわけではなく、1平方メートルあたりに握りこぶし以上の大きさの噴石が1個以上降った地域は火口から約700メートル以内の範囲である。

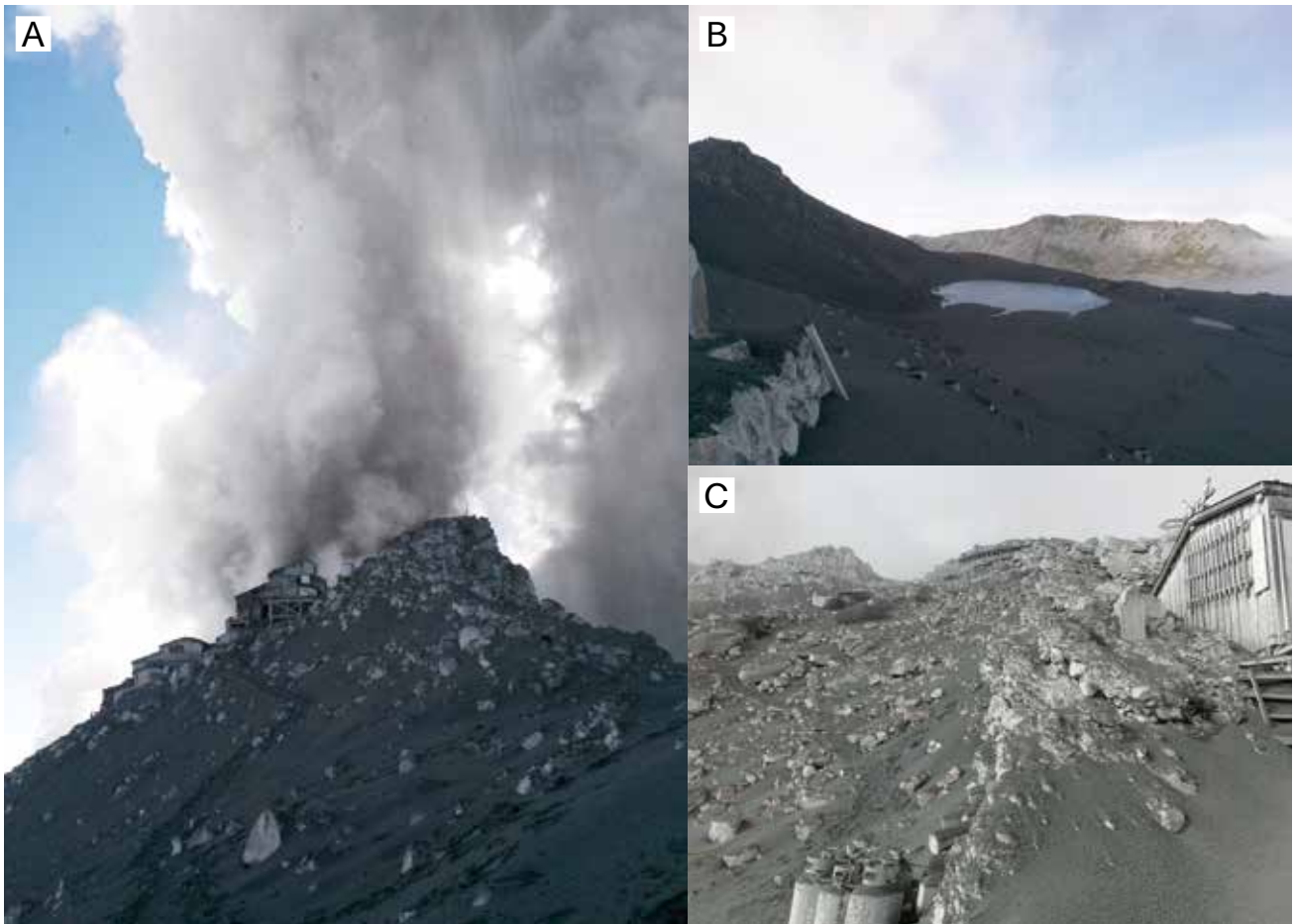
新聞報道によると、死因のほとんどが噴石による損傷死と推定されている。多数の死傷者がでたのも、火口からおよそ1キロ以内の範囲であるため、噴石が多く降った地域とほぼ一致する。

1979年噴火も同規模の噴火であり、数は少ないながら火口付近の山頂に同じように登山がいたが、死者はでなかった。1979年と2014年の噴火の進み方を比べてみると、1979年噴火は発生から最大規模の活動に至るまでの時間が長かったのに対して、2014年は噴火開始後すぐに最大規模の活動が起きたことが著しく異なる(図3)。そのため今回の噴火で死者・行方不明が多かった原因は、

- ①噴火のクライマックスが、1979年噴火と異なり開始直後で逃げる間がなかったこと
- ②山頂部が火砕流に覆われ視界の悪い中、多数の噴石が降ってきたため、逃げるに逃げられなかったこと



〈図14〉降灰の状況と降灰分布図。A：女人堂（火口から約2キロ東）における降灰状況。2014年9月27日12時24分、田村茂樹氏撮影。堆積した火山灰の層厚は2センチ。12時16分以降に泥雨状の火山灰が降ってきたことで火山灰がぬかるんでいる。B：北アルプスの槍ヶ岳山荘前から見た御嶽山の噴煙。2014年9月27日14時49分ごろ、池島剛氏撮影。C：木曾町床並（火口から約10キロ東）での降灰状況。2014年9月30日及川輝樹撮影。D：遠地の降灰分布。御嶽山降灰合同調査班（2016）および気象庁地震火山部（2014）のデータを基に作成



〈図15〉噴火直後の山頂周辺。10センチから1メートル以下の厚さで厚く火山灰などの噴出物が積もる。A：噴煙と御嶽頂上山荘。2014年9月27日14時41分ごろ、石上亮太氏撮影。B：火山灰で灰色になったニノ池。9月27日14時43分ごろ、石上亮太氏撮影。C：石室山荘から覚明堂方面を見上げる。9月27日13時20分ごろ、小寺祐介氏撮影

などの理由が考えられる。また、事前に火口周辺の立ち入り規制が行われず人が立ち入れたこと、登山者が多く集まる紅葉時期の週末に噴火したこと、多くの人が留まる山頂付近に火口が開いたこと、噴火発生時がお昼時で多数の人が山頂付近にいたことなどが重なって、火口付近に人がたくさんいたことも被害を拡大させて原因であろう。

なお、死者は剣ヶ峰山頂付近で最も多く、33名もの人が亡くなった。噴火発生時にはその周辺で死亡した人も含めて、少なくとも130名の登山者がいた。このように多くの人がいる時に噴火が発生したため、被害が拡大した。

#### ●噴火後の様子（2018年夏までの状況）

噴火から4年がすぎた2018年（平成30年）の現在、火口から1キロ以上離れた地域では風雨による浸食が進み、よく観察しないと簡単には噴火の痕跡を見つけることが難しくなってきた。しかし、火口から1キロ以内の剣ヶ峰周辺や一ノ池、八丁ダルミなどには、まだまだ火山灰などが10センチから数十センチの単位で厚く残っている。

さらに、地獄谷の様子は、噴火前と比べて様変わりした。2014年噴火前は、山頂部には1979年火口の一部にしき目立つ噴気孔はなかった。噴火後4年たっても2014年

の各火口からはいまだに顕著な噴気が立ち上り噴気地帯をつくっている（図9 D、E）。特に地獄谷の谷底から西側の谷の壁にかけて形成された大きな火口からは、噴火後徐々に勢いを低下させているが、現在も活発に噴気をあげている。

今までになかった噴気地帯が山頂近くにできたことから、その活動の消長も含め、今後御嶽山の火山活動がどのように変化していくかを注視していく必要がある。



〈図16〉濁川を流れ下る泥水（火口噴出型泥流）。2014年11月7日、及川輝樹撮影



# 地球物理学的見地からみた2014年噴火（山岡）

## ■長期的な変動

### ●噴気の推移

御嶽山の火山活動の長期的推移を見るためには、気象庁のデータが有効である。中でも火口から立ち上る噴気の高さの推移が火山活動の長期的推移をよく反映している。噴気の高さとは、火口から立ち上る水蒸気の量を反映したデータであり、地下の浅い部分の温度を反映している。たとえば、マグマ噴火が収束していく段階にはマグマが深部に戻るため浅部の温度が徐々に低下し、それとともに水蒸気の噴出量が減少していく。気象庁は一時的な観測の中断があったものの1979年の噴火以降、御嶽山火口から立ち上る噴気の高さを目視で観測している。噴気の高さは気象条件に左右されるため、日々の噴気の変化は火山活動を反映しにくい。しかし、何年にもわたる長期的な噴気の変化は火山活動の推移を知る上で重要な意味がある。

図17に2014年噴火までの御嶽山の噴気の高さの長期的変化を示す。この図を見ると1979年の噴火以降、長期的に噴気活動が減少していることがわかる。1991年および2007年の小噴火はこの長期的な減少傾向の中で発生している。1991年の小噴火はまだ噴気活動が比較的活発な時期に発生したが、2007年の噴火の前までに噴気活動はかなり弱くなっていた。噴火前の3年間ほとんど噴気が見られない状況となっていた。また2014年噴火の前も噴気活動がほとんど見えない状況であった。このように噴気活動からみた御嶽山は、長期的な静穏化を示しているように見えた。

### ●地震活動の推移

地震活動の変化も長期的な変動を知る上で重要なデータ

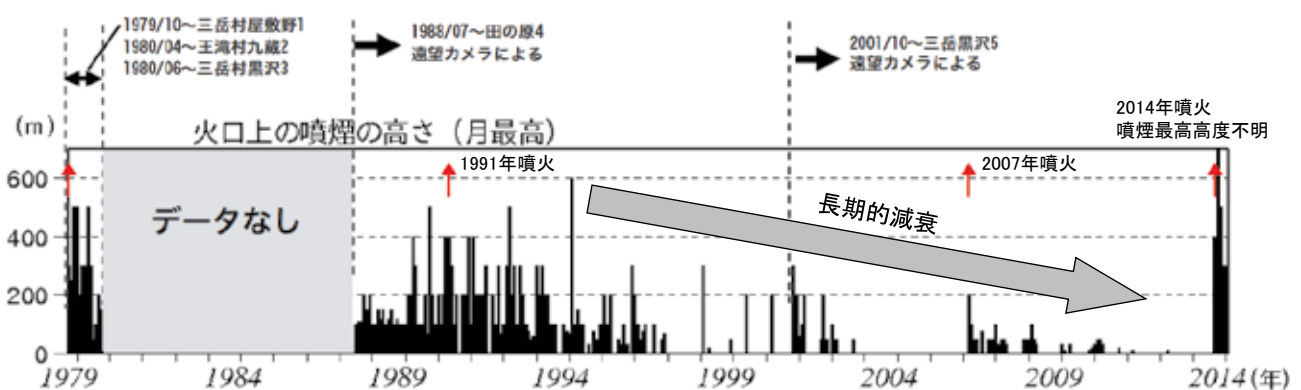
である。火山で発生する地震の多くも、地下の岩盤の破壊によって発生する。破壊は、岩盤にかかる力（応力）が変化したり、地下水や火山性の流体の侵入によって岩盤の強度が低下すると発生する。特に火口直下では、マグマ活動の変化によって火山性流体が地下深部から上昇して地震活動が発生する可能性があるため、地震活動が火山の変化を知る指標として用いられている。

地震活動の変化は、地震の数の変化として整理されることが多い。地震の数といっても何でもかんでも数えるわけではない。地震の発生場所や規模の基準を決め、それに合致したものを計測する。地震は小さな地震まで含めると限りなくたくさん発生しているため、基準を変えるとカウントされる地震数が変化してしまうためである。御嶽山においては、気象庁が田の原に設置した地震計の記録で、山頂付近で発生したと判断できる地震のうち、ある振幅を超えた地震を数えている（図18）。カウントに用いる地震計の場所を変えるとカウントされる地震数が変化してしまうため、1988年以降、常に田の原の地震計が用いられている。地震活動を見ると、1991年および2007年の噴火に関係する地震活動の高まりが見えるほか、1999年や2010年あたりでも一時的な地震活動の高まりが見られる。

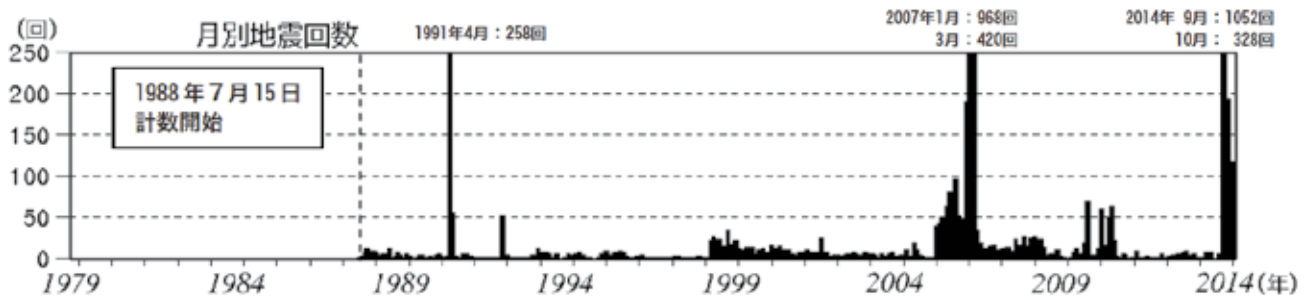
## ■異常の検知

### ●地震活動

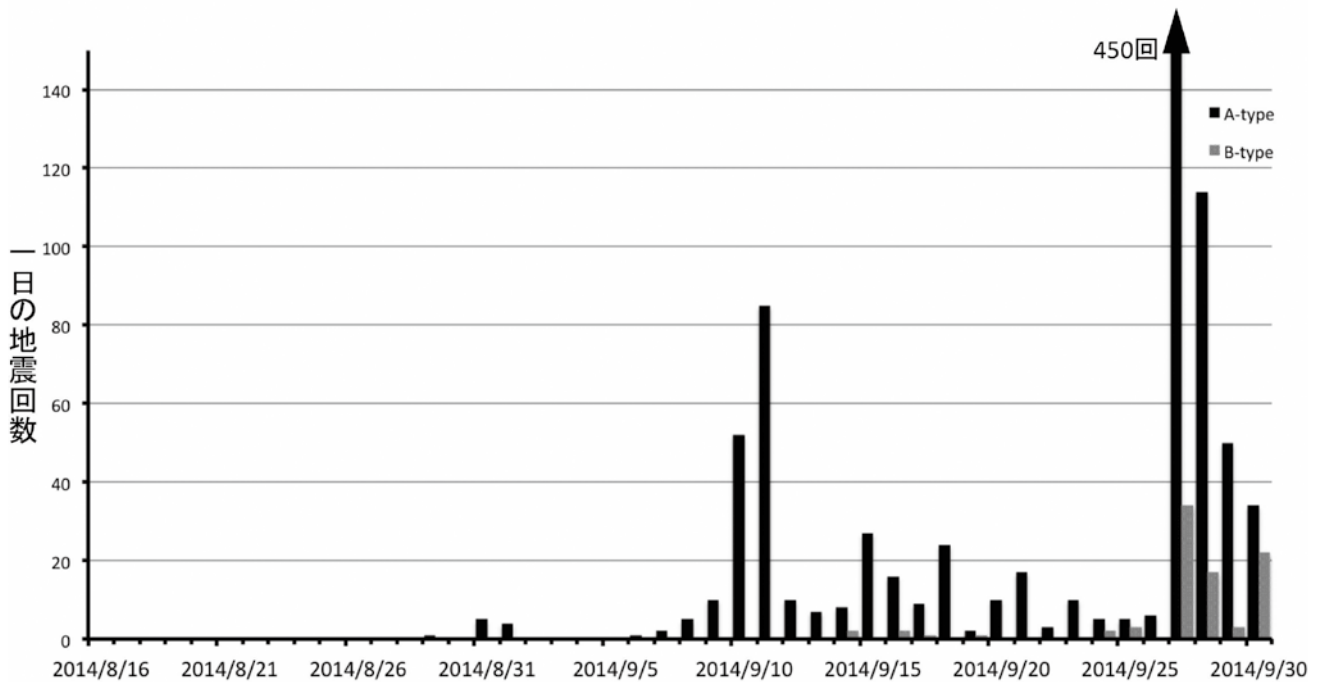
2014年噴火の前兆的な火山活動は、地震活動の活発化であった。2014年8月末から山頂直下を震源とする小さな地震が発生し始めていた。9月10日と11日には活動が活発化し、1日50回以上の地震数がカウントされた。1991年および2007年の小噴火前にも山頂直下で地震活動



（図17）1979年噴火以降の噴気の高さ変化（気象庁資料）



（図18）1988年以降の山頂付近を震央とする月別地震数の変化（気象庁資料）



（図19）2014年噴火前後の山頂付近を震央とする地震数の変化（気象庁資料）

が活発化していたため、噴火につながる可能性を考慮し、名古屋大学でも気象庁でも火山活動の推移に注目した。なお1979年噴火前には十分な観測網がなく、詳細は不明である。

図19に、2014年8月から10月初旬にかけて気象庁がカウントした御嶽山山頂直下で発生した地震数を示す。図でA-typeと示した地震は、岩盤の破壊と考えられる地震である。そのA-typeの地震は9月10日から11日をピークとして増減を繰り返しながら噴火が発生した27日まで継続していることがわかる。地震活動そのものは10日11日よりかなり少ないが、一連の地震活動が始まる前よりは高い状況が続いていた。流体の移動に関係すると考えられる低周波の地震（B-type）は9月14日以降に観測されていたもののカウントされた数は非常に少なかった。またいずれの地震も9月27日の噴火とともに活発となっている。

### ●地殻変動

2014年噴火前には先立つ地殻変動は観測されなかった。マグマ噴火の場合には、マグマだまりの圧力増加による地

殻変動がしばしば捉えられ、火口付近を中心とした隆起として観測される。それ以外にも、マグマが岩盤を割りながら上昇してくる場合には活発な地震活動と大きな地殻変動が観測される。2014年噴火では、地震活動が活発化しても地殻変動が観測されなかったことから顕著なマグマの活動ではないと判断することができた。またマグマを原因とした地殻変動は比較的深い場所が変動の原因となるため、山頂から離れた観測点にも変動が現れる。それに対し、水蒸気噴火の原因となる熱水だまりは深さ1キロ程度の浅い場所にあることから圧力上昇などの変動があったにしても、山頂近傍でしか捉えられない。噴火前の御嶽山の地殻変動観測点で山頂に最も近いのは田の原にある気象庁の傾斜計であり、山頂剣ヶ峰からの距離は3.0キロであった。水蒸気噴火の前でも熱水だまりの圧力増加が期待できるものの、田の原の観測点までの距離が遠かったことも地殻変動が観測されなかった一因であろう。

### ●噴火の可能性

気象庁では、この段階で噴火警戒レベルを1から2にあ

げる判断はせず、火山活動の状況に関する解説情報を出して注意を促した。解説情報には、地震や微動については「地震の日回数が50回を超えたのは2007年1月25日以来」とされ、また防災上の警戒事項として「2007年にごく小規模な噴火が発生した79-7火口内およびその近傍に影響する程度の火山灰の噴出の可能性があります」との注意喚起もされていた。これは2007年クラスの噴火が起きる可能性に言及したと解釈できる。またこの情報発表後、気象庁と名古屋大学との間で電子メールにて意見交換がなされた。

この後9月14日には、比較的明瞭な低周波地震が観測された。名古屋大学の地震火山研究センター内ではこの情報が共有され、噴火の可能性が高まったとして火山活動の現状認識と今後の観測に関する会議が9月17日に開催された。会議では、御嶽山周辺の観測点の現状と調整に関する計画、および当初より計画していた山頂領域における地震観測を、関係機関の手続きが完了する予定の10月から始めることを確認した。

## ■噴火直前

### ●地殻変動と火山性微動

8月下旬から始まった地震活動のデータからは、2007年の噴火に比べて桁違いに大きな噴火につながることを積極的に示すデータはなかった。規模の大きな噴火を確信させる変動が捉えられたのは9月27日噴火のたった10分前のことであった。田の原に設置されていた観測装置で連続的な微動と山頂方向が隆起する急激な傾斜変動が捉えられた。このような現象は2007年の噴火時には見られなかつ

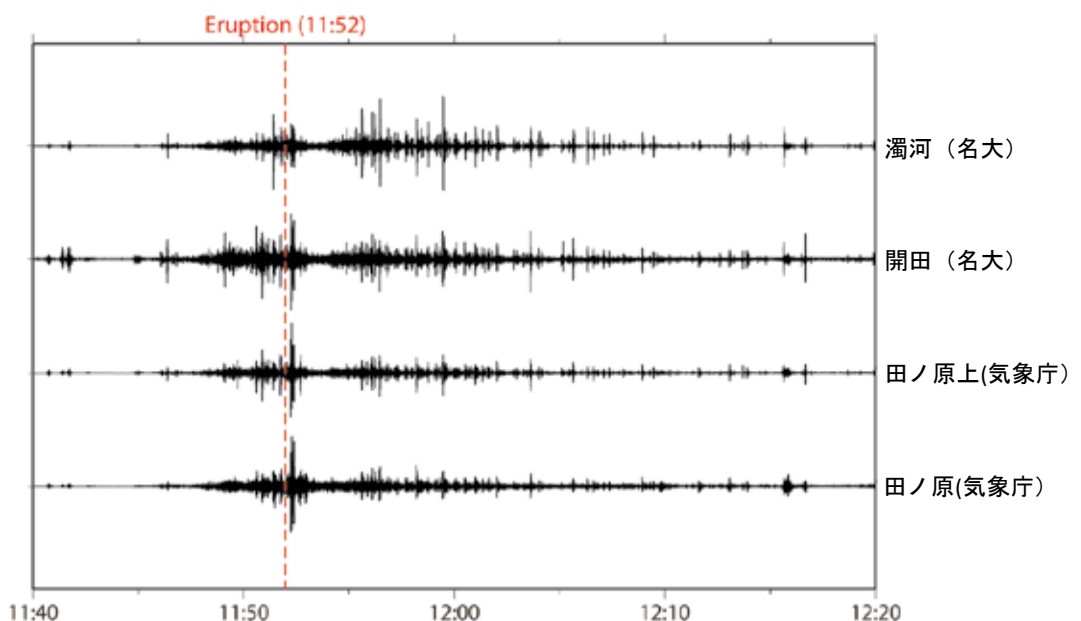
たものである。気象庁ではこの変動開始直後から急いで情報を発表する準備を始めたが、情報が発せられる前に噴火が始まってしまった。

図20は9月27日11時40分から噴火開始を挟んだ12時20分までの地震計のデータである。11時41分ごろから火山性微動が捉えられている。山頂に最も近い気象庁の田の原上観測点だけでなく、山頂から5キロ以上も離れた名大の開田観測点においても明確に捉えられている。その震幅は多少の増減を繰り返しながらも徐々に大きくなり11時52分の噴火を迎えた。噴火後の火山性微動は主に水蒸気や火山灰の噴出にともなう震動と考えられる。

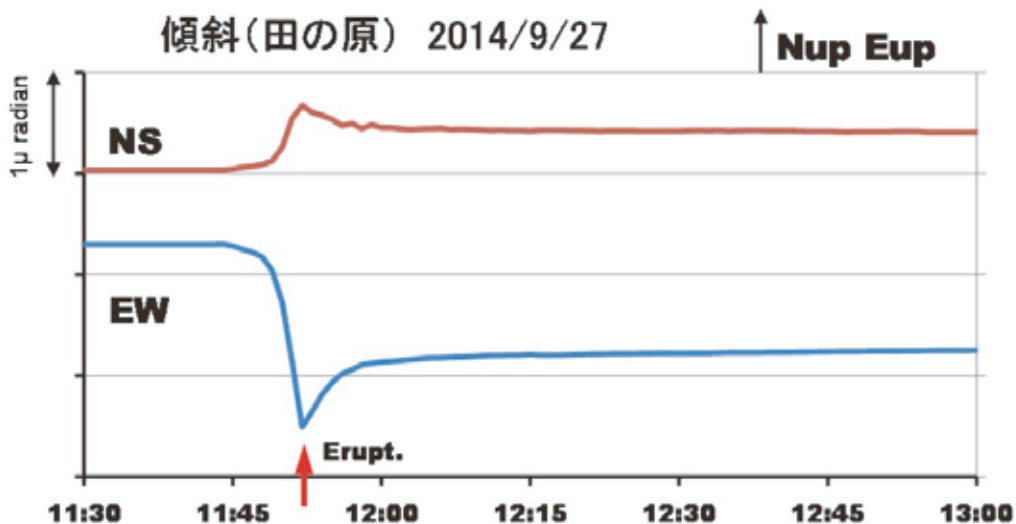
図21は田の原における傾斜計のデータである。傾斜計は11時45分ごろから変動が見え始めている。傾斜計の南北成分では北上がりの変動が、東西成分では西上がりの変動が観測され始めた。これは田の原から北西方向にある山頂の方向が隆起する変動である。その変動は加速的に増大し、噴火開始とともに変動方向が逆転して、山頂の方向が沈降する動きとなった。2007年とは異なり、北西から南東に延びる新たな火口列を形成して水蒸気や火山灰・噴石を噴出した。

### ●何が起きたのか？

これらの微動と傾斜変動や火口列の形成は、何を意味しているのだろうか？ マグマにせよ、水蒸気にせよ、大量の噴出物を効率的に放出する時には、割れ目状の噴火口となることが多い。既存の火口から噴出するよりも、地下で新たに割れ目を押し開いてマグマや水蒸気を噴出したほうが圧倒的に大量にかつ高速に水蒸気やマグマを地表まで運ぶことができる。噴火直前に観測された火山性微動は割れ目を通じて水蒸気が上昇する際に発する震動と考えられ



〈図19〉2014年噴火前後の火山性微動（気象研究所）



〈図20〉2014年噴火前後の傾斜変動（気象庁・気象研究所）

る。また山頂方向が隆起する傾斜変動は、水蒸気が割れ目を押し開く際に地面が隆起する様子を捉えたものと考えられる。噴火が始まると、大気中に圧力の高い水蒸気が放出されるため地下の圧力が減少し、山頂方向が沈降する。一般にこのような噴火の割れ目は張力が最大となる方向に垂直（圧縮力が最大になる方向に平行）に並ぶと考えられている。1979年の噴火列も2014年の噴火列とほぼ平行に伸びている。この方向は噴火口付近の最大傾斜の方向である北東-南西方向と垂直である。山体には重力の作用によって最大傾斜の方向に引っ張られる力が働く。その力を受けて火口列が北西-南東方向に並んだのであろう。

## ■地下で起きていたこと

### ●熱水だまり

水蒸気噴火を発生させる水は、火口直下の地下水である。地下水が熱せられて圧力が上昇し、急激な噴出に至る。御嶽山山頂の地獄谷付近では噴気が観測されていて、地下からの熱の供給が盛んであることが推測できる。地下水の層には深部のマグマだまりから熱が供給されている。マグマだまりからの熱は熱伝導ではなく、マグマから放出される水蒸気など揮発性成分の流体によって地下水層に熱が伝えられる。その中には二酸化硫黄や硫化水素などのイオウ系の成分も含まれており、それらが地下水に溶け込む。このようにしてマグマから熱が供給された地下水の層は徐々に温度が上昇していく。御嶽山の地下の比抵抗構造を調べると、地表から500メートルくらいの比較的浅い場所に電気抵抗の低い場所が存在している。これが熱水そのものを表すのか、それとも熱水を閉じ込める水を通しにくい層を表すのかは必ずしも明らかではないが、御嶽山山頂直下に熱水の層があることは明らかであろう。

### ●突然の破壊

地下水の温度が上昇していくとその場所での沸点に近づく。水の沸点は深さとともに上昇し、深さ300メートルの場所では300°Cとなる。すなわち、地下の帯水層が熱せられると1気圧における沸点よりもはるかに高い温度の水となり得る。沸点近くにまで熱せられた地下水は、ちょっとした圧力減少で沸騰を始める。圧力が減少する仕組みはいくつかある。たとえば既存の火口につながる経路（火道）が開いた場合である。この時には火道につながる地下水層の圧力が下がり、沸騰して水蒸気を放出する。ただし放出の速度が小さいため、地下水槽内部での影響範囲が狭く、急激な噴火につながりにくい。1991年や2007年の小噴火はこの場合に対応すると考えられる。

新たな割れ目をつくって水蒸気が上昇する場合はどうであろうか。地下にある岩石にはもともと細かい割れ目がたくさん含まれている。割れ目が小さいうちは安定であるが、その中に熱せられた水が浸入して割れ目を押し開き、ある程度以上の長さまで成長すると割れ目が一気に拡大する。地下水にしても水蒸気にしても周囲の岩石よりも密度が低いいため、成長した割れ目を満たした流体は上方に速い速度で移動する。地表にまで達すると一気に圧力が下がり勢いよく大量の水蒸気を噴出する。そうすると地下水の圧力が急激に下がり、沸騰して水蒸気を噴出させる。そうするとさらに地下水の圧力が下がって沸騰が進む。このような連鎖反応が起こり、規模の大きな水蒸気噴火に至る。1979年および2014年の噴火は、このケースにあたる。

### ●割れ目形成の予測

それでは割れ目ができることは予測できるのだろうか。割れ目を通じた噴火は、既存の小さな割れ目が成長して一気に拡大する時に起きると考えられている。割れ目は、最初の頃はゆっくりと静かに成長するため、観測で捉えるの

は困難である。割れ目の急激な成長は、岩盤の破壊であり、観測で捉えられた時はすでに水蒸気の移動が始まっている。あとは地表に水蒸気が到達するまでに避難ができれば良いのだが、地下水層はせいぜい500メートルくらいの浅い場所にあるため噴火までの時間が短い。御嶽山の場合

にはそれが10分程度であった。また2018年1月の元白根山の水蒸気噴火では、火山性微動と地殻変動が始まってから2分で噴火が始まった。規模の大きな水蒸気噴火は、原理的には噴火前に異常を捉えることは可能であるが、異常を捉えてから避難をするまでの時間的余裕がない。

## 今後について (山岡)

### ●新たな観測網

2014年噴火後、御嶽山の火山観測網が拡充された。気象庁は山頂域を中心に火山活動監視のための多くの観測点を設置した。名古屋大学も国の支援を受けて、御嶽山周辺域の定常的な観測網を拡充すると共に、山頂域については機動的な観測を開始した。

火山活動の変化を表す現象として群発的な地震や地殻変動がある。これらの変動は地震計、傾斜計、GNSSによって捉えられ、その発生場所や原因の推定に用いられる。空振計は、噴火や爆発にともなう空気の振動を捉えるもので、複数の場所に設置することによって噴火や爆発の発生場所を突き止めることができる。地磁気観測は地下の温度上昇を捉えることを主な目的としている。地下の岩石には鉄が含まれていて磁石の性質を持っている。岩石の温度が上昇するとその磁石の性質を失うため、地表で磁場の強さを観測して地下の温度上昇や下降を推定することができる。

### ●前兆の評価

このような新たな観測網で今後の噴火の予兆を捉えることができるだろうか。新たな観測種目として注目すべきものは地磁気の観測である。マグマだまりからの熱の供給によって地下水の温度が上昇した場合に地震計や地殻変動で捉えることができなくても地磁気の変化として捉えられる可能性がある。このようなことは1986年の伊豆大島噴火の際に現地に設置されていた磁力計の記録から明らかになっていた。今まで御嶽山でそれができていなかった理由は維持コストの問題であろう。磁力の変化は温度変化が起きている場所の近くに装置を設置しなければいけない。さらに何年もの長期にわたって同じ観測条件を維持する必要がある。そのような観測を3000メートル級の山の上で行うのは大変コストのかかることである。2014年噴火以降、気象庁の火山担当者の人員が大幅に増強されたなどのことからそれが可能となった。

傾斜計が山頂域に設置された効果も大きい。傾斜変動も対象に近づけば近づくほど変動の検出感度が大きくなる。

今まで捉えられなかった変動を捉えられる可能性が高い。2014年噴火前の地殻変動は田の原の傾斜計では捉えられなかったが、噴火後にGNSSのデータを精密に解析したところわずかな膨張があったことがわかっている。このようなわずかな変動が山頂域に設置された傾斜計で捉えられる可能性がある。ただし、山頂域での維持コストがかかるという難点もあることには留意する必要がある。

それでは、2007年ような小規模噴火になるか、2014年のように新たな火口列を形成するような大規模な噴火になるかを、噴火に十分先立って検知することができるだろうか？ これについては、私は否定的である。これは割れ目の成長にともなう岩盤の急激な破壊を予測することと同じである。これは地震予知が困難であることと同じであり、割れ目の急激な成長が始まるまでわからないであろう。

マグマ噴火については、マグマの上昇にともなう明瞭な前兆が現れることが期待できる。側噴火のように新たな火口を形成するようなマグマ噴火でも、マグマだまりの位置は一般には5～10キロと深いため、数時間～数日前から活発な地震活動や地殻変動が期待できる。

### ●防災上の留意点

2014年のような噴火災害を再び起こさないようにするためにはどのような点に留意することが必要だろうか。火山学の視点から考えてみたい。

まず、安全判断を人任せにしないことである。噴火警戒レベルは、人間にわかりやすいように防災行動を5段階に分けて警報を出すことになっている。しかし火山のような自然現象はそんなに単純なものではない。まして確実な予測ができるわけではない。したがって、噴火警戒レベルを妄信せず、気象庁の様々な情報を入手して、最後は自分の判断で行動することである。現代はインターネットの発達により様々なデータを入手することができる。気象庁のホームページからは火山活動に関しても多種多様なデータを入手することができる。それらのデータや解説情報などのメッセージを理解して自分の行動に結びつけることが重要である。

自分で判断するためには、多少の火山学の知識が必要であるが、かなりの不安材料がある。火山周辺の住民は、火山への関心も高く、普段から学習の機会も多いし、ハザードマップなどの防災情報も普段から提供されている。しかし、一般に火山は観光地であり、御嶽山は登山の対象でもある。御嶽山にやってくる観光客や登山者が火山についてよく理解しているとは限らない。とくに愛知県など中京圏からの訪問者が多いのが御嶽地域の特色であるが、愛知県には火山がないため愛知県民が火山に関して学ぶ機会も少ない。もっと悪いことに、御嶽地域は長野県であり、長野県情報は愛知県には伝わりにくい。NHKは地域ごとにローカル放送の区分があり、長野県は「関東甲信越」、愛知県など中京圏は「東海北陸」と区分されている。NHK

がローカルで企画した御嶽山のニュースは東京に流れても、距離的に近い名古屋には流れない。民放も同じである。したがって御嶽火山で異常が検知されても、御嶽山への訪問者が最も多い中京圏には情報が流れにくいのが現状である。実際、2014年の御嶽山噴火前に地震活動が活発になった際にも、私のところには名古屋のどの放送局も取材に来なかった。焼岳付近で地震活動が活発になって岐阜県の奥飛騨で有感地震となった時には、複数の放送局から取材があった。

このように御嶽山に関する情報を、情報を必要としている人にどのように伝えるかについては、地元自治体だけでなく、訪問者の地元の自治体も連携して取り組むべきである。

#### 参考文献

- 〈山岡〉  
気象研究所・気象庁 (2015) 「2014年御嶽山噴火前後の傾斜変動と浅部圧力源」 — 「火山噴火予知連絡会会報」 119号 p.72-75  
気象庁気象研究所 (2015) 「高周波地震動の震幅分布から推定した御嶽山噴火前後の火山性微動の震動源」 — 「火山噴火予知連絡会会報」 119号 p.67-71  
Nakamichi H, Kumagai H, Nakano M, Okubo M, Kimata F, Ito Y and Obara K (2009) 「Source mechanism of a very-long-period event at Mt Ontake, central Japan: Response of a hydrothermal system to magma intrusion beneath the summit」 — 「Journal of Volcanology and Geothermal Research」 vol.187 p.167-177  
Abd Allah S, Mogi T (2016) 「Three-dimensional resistivity modeling of GREATER survey data from Ontake Volcano, northwest Japan」 — 「Earth, Planets and Space」 vol.68 doi:10.1186/s40623-016-0443-z.  
Figure 2 of Nakamichi et al. 2009
- 〈及川〉  
林真一郎・北原修・草野慎一・渡正昭・長井義樹・國友優・石塚忠範・藤村直樹・清水武志 (2015) 「平成26年9月御嶽山噴火による土砂災害に対する二次災害防止の取組」 — 「砂防学会誌」 67号 p.86-91.  
生駒勤七 (1987) 「御嶽の信仰と登山の歴史」 (『三岳村誌』上巻 三岳村誌編集委員会編 長野県) p.643-907  
木股文昭・山岡耕春・藤井直之 (1991) 「木曾御嶽火山における小規模な噴火 (1991年5月)」 — 「日本火山学会講演予稿集」 1991.2 p.168  
気象庁地震火山部 (2014) 「御嶽山の火山活動解説資料」 (2014年9月)  
小林武彦 (1979) 「1979年御嶽山火山活動」 — 「地球科学」 33巻6号 p.ii-iiib.  
Maeno F, Nakada S, Oikawa T, Yoshimoto M, Komori J, Ishizuka Y, Takeshita Y, Shimano T, Kaneko T and Nagai M (2016) 「Reconstruction of a phreatic eruption on 27 September 2014 at Ontake volcano, central Japan, based on proximal pyroclastic density current and fallout deposits」 — 「Earth, Planets and Space」 vol.68 doi:10.1186/s40623-016-0449-6  
長野県 (1981) 「御嶽山噴火と防災対策の記録」 (生活環境部消防防災課編) p.85  
「日本の火山活動概況 (1980年1～6月)」 — 「火山第2集」 25巻3号 p.207-209  
「日本の火山活動概況 (1980年7～9月)」 — 「火山第2集」 25巻4号 p.321-322  
御嶽山降灰合同調査班 (2016) 「御嶽山2014年9月27日噴火による降灰分布」 — 「火山噴火予知連絡会会報」 119号 p.96-101  
佐藤英一・新堀敏基・福井敬一・石井憲介・高木朗充 (2016) 「気象レーダーで観測された2014年9月27日御嶽山噴火に伴う噴煙エコー」 — 「火山噴火予知連絡会会報」 119号 p.76-81  
菅原壽清・時枝務・中山郁 (2009) 『木曾のおんたけさん その歴史と信仰』岩田書院 p.261  
鈴木正崇 (2015) 『山岳信仰 日本文化の根底を探る』中央公論新社 (中公新書) p.305  
Takarada A, Oikawa T, Furukawa R, Hoshizumi H, Itoh J, Geshi N and Miyagi I (2016) 「Estimation of total discharged mass from the phreatic eruption of Ontake Volcano, central Japan, on September 27, 2014」 — 「Earth, Planets and Space」 vol.68 doi:10.1186/s40623-016-0511-4  
及川輝樹・鈴木雄介・千葉達朗 (2014) 「御嶽山の噴火 その歴史と2014年噴火」 — 「科学」 84巻12号 p.1218-1225  
及川輝樹・山岡耕春・吉本充宏・中田節也・竹下欣宏・前野深・石塚吉浩・小森次郎・嶋野岳人・中野俊 (2015) 「御嶽山2014年噴火」 — 「火山」 60号 p.411-415  
Oikawa T, Yoshimoto M, Nakada S, Maeno F, Komori J, Shimano T, Takeshita Y, Ishizuka Y and Ishimine Y (2016) 「Reconstruction of the 2014 eruption sequence of Ontake Volcano from recorded images and interviews」 — 「Earth, Planets and Space」 vol.68 doi:10.1186/s40623-016-0458-5  
及川輝樹 (2016) 「2014年御嶽山噴火」 — 「地質と調査」 145号 p.12-17  
及川輝樹・吉本充宏・小森次郎・前野深・中田節也・竹下欣宏・嶋野岳人・石塚吉浩 (2017) 「御嶽山2014年水蒸気噴火とその後の侵食」 — 「地質学雑誌」 123巻5号 p.I-II <https://doi.org/10.5575/geosoc.2016.0066>  
及川輝樹・大場司・藤縄明彦・佐々木寿 (2018) 「水蒸気噴火の地質学的研究」 — 「地質学雑誌」 124巻4号 p.231-250 <https://doi.org/10.5575/geosoc.2017.0071>  
Sasaki H, Chiba T, Kishimoto H and Naruke S (2016) 「Characteristics of the syneruptive-spouted type lahar generated by the September 2014 eruption of Mount Ontake, Japan」 — 「Earth, Planets and Space」 vol.68 doi:10.1186/s40623-016-0516-z  
特定研究「木曾御嶽山噴火活動および災害の総合的調査研究」研究班 (1980) 『御嶽山1979年火山活動および災害の調査研究報告』 (研究代表: 青木治三) p.168  
山元孝広 (2014) 「御嶽山2014年9月27日噴火で発生した火砕流」 — 「地質調査研究報告」 65号 p.117-127