

平成 19 年 12 月 1 日運用開始
令和 6 年 3 月 14 日現在
気 象 庁

浅間山の噴火警戒レベル判定基準とその解説

1 想定する噴火の規模、様式と現象等

①噴火場所：現在の山頂火口

②噴火の区分とその影響

噴火様式	火山現象	影響範囲	
ごく小規模な噴火	火山灰、小さな噴石	火口から概ね 500m 以内	
爆発的噴火	小噴火	上記に加え、 <u>大きな噴石</u> 、 <u>空振</u> 、 <u>小規模火砕流</u> 、 <u>融雪型火山泥流</u> 、 <u>降雨による土石流</u>	火口から概ね 2 km 以内
	中噴火		火口から概ね 4 km 以内
天仁天明クラスの噴火 (大規模な噴火)	上記に加え、 <u>火砕流</u> 、 <u>溶岩流</u> 、 <u>岩屑なだれ</u>	ハザードマップに基づく	

- ・噴火の規模表現は、火山学的な噴火規模（噴出物量）とは異なり、大きな噴石、火砕流の到達する範囲（影響範囲）を基準に設定している。
- ・中噴火については、マグマが直接関与する可能性が高い噴火で大きな噴石がまれに火口から 4 km を超えたことがある（1938 年）。積雪期には、火砕流によって融雪型火山泥流が 4 km を超えた領域に達することも想定されている。
- ・「大きな噴石」とは、風の影響を受けずに弾道を描いて飛散するものであり、火山灰や小さな噴石は、風に乗って影響範囲を超えて広範囲に到達することがある。空振も、影響範囲を超えて広範囲に伝わる。降雨による土石流は、噴火が終息した後も継続することがある。
- ・噴火警戒レベルは、噴火に伴って発生し生命に危険を及ぼす火山現象（発生から短時間で火口周辺や居住地域に到達し、避難までの時間的猶予がほとんどない現象、上表で下線で示した現象）の危険が及ぶ範囲をもとに設定している。

③噴火の規模判定基準

中噴火：追分空振計で 20Pa 以上の空振を伴う噴火

小噴火：追分空振計で 1～20Pa 未満の空振を伴う噴火

ごく小規模な噴火：上記の基準未満の噴火

この基準は、即時的な判断のためのもので、事後の調査等により、過去の同規模の噴火と比べ著しく噴出物の量や分布等が大きいまたは小さいと判明した場合は規模を見直すこととする。

2 火山活動の時間的な推移

浅間山の噴火警戒レベルの設定に当たっては、過去の噴火活動における時間的な推移から作成した噴火シナリオをもとにしている。

有史以降最大規模の天仁噴火（1108年）については、時間的な推移はよくわかっていないが、同様に大規模な噴火である天明噴火（1783年）については、中噴火が断続的に発生し、活発化した後に巨大な噴煙柱を上げる噴火に移行し、火砕流や溶岩流、岩屑なだれや泥流が発生したことが知られている。

明治以降の爆発的噴火については、活動の盛衰に合わせて、様々な現象が観測されることが明らかになっている。噴煙量や火山ガス放出量の増加、火山性地震（B型地震）の漸増が現れたり、本格的な噴火活動に先駆けて、数ヶ月程度前から、浅間山西麓の地下の膨張とA型地震の発生がみられることも明らかになってきた。また、噴火の1ヶ月程度前から特異な長周期地震の多発や個々の噴火の数時間～1日前に山体浅部のわずかな膨張とBH型地震の多発がみられることが明らかになっている。また、2019年の噴火では、噴火の数日前から山頂火口底温度の急低下、BL型地震回数の急減及びBH型地震回数の増加が観測された。

浅間山の噴火警戒レベルの判定基準の設定においては、これらの噴火に至るまでの中期的指標、短期的指標を組み合わせ、過去の観測データをもとにそれぞれの観測値の閾値やその組み合わせを定めている。

3 噴火警戒レベルの区分け

20世紀以来の浅間山の噴火は、全てレベル3（入山規制）までの活動であり、天仁天明クラスの噴火がレベル4（高齢者等避難）、5（避難）に相当する。ただし、積雪期には、レベル3で想定している程度の噴火でも融雪型火山泥流が居住地に影響する可能性があるため、融雪型火山泥流想定レベル4、5も設定している。

①レベル1（活火山であることに留意）

静穏な火山活動。状況により山頂火口中心から500m以内に影響するごく小規模な噴火の可能性がある。表面的に顕著な異常現象は見られないが、若干の火山性地震、微動の発生はありうる。

②レベル2（火口周辺規制）

山頂火口から概ね2km以内に影響する小噴火が発生もしくは、その可能性がある。

噴煙量、二酸化硫黄放出量、火山性地震や微動回数の増加が見られ、火口内の顕著な温度上昇や微弱な火映現象が見られるなど観測データに火山活動の高まりを示す変化がみられている状態。火道閉塞を反映する地震活動の急変がみられることもある。

③レベル3（入山規制）

山頂火口から概ね4km以内に影響する中噴火が発生もしくは、その可能性がある。小噴火やごく小規模噴火の継続的な発生、明瞭な火映現象が見られるなど活発な火山

活動。近年知られるようになった噴火の数時間～1日前に見られる山体浅部のわずかな膨張とBH型地震の多発が同時に発生した場合は、「中噴火が切迫している」とする噴火警報を発表する。

④レベル4（高齢者等避難）～5（避難）

レベル3の段階から、噴火活動がさらに活発化、あるいは活発化すると想定される地殻変動などの異常現象が観測され、天仁天明クラスの大規模な噴火が発生することが予想、もしくは切迫していると考えられる状態。

それとは別に、積雪期には、火砕流に伴って融雪型火山泥流が発生する可能性があるため、積雪期に火砕流を伴う噴火が発生した場合や、発生した可能性があると推定される場合には、火山泥流の可能性、発生を伝える噴火警報を発表する。

4 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

【レベル2】

(判定基準)

レベル1の段階で、次のいずれかの現象が観測された場合、レベル2に引き上げる。

①噴煙量の増加

二酸化硫黄放出量が増加し、概ね500トン/日以上を継続的に観測、あるいは日最大噴煙量が前1ヶ月平均で概ね1.5を超える（ただし、噴煙観測日数10日未満の場合は判定に使用しない）

②火山性地震回数の増加

石尊観測点の日地震回数が前1ヶ月間平均で概ね30回以上で、噴煙量、火口温度等の観測データに高まりが見られる

③マグマ蓄積に伴う山体の膨張を示す地殻変動

傾斜計やGNSS観測などによって西麓地下を中心としたゆっくりとした膨張が観測され、噴煙量や地震活動などのデータに高まりが見られる。

④火道閉塞を反映する地震活動の急変

以下のような地震回数の急変が同時期に発生

- ・BL型の日地震回数が前1ヶ月平均で概ね25回以上観測される中で、BL型地震回数が急減
- ・微小地震を含むBH型地震の急増

（「急減」及び「急増」は、地震の前1ヶ月平均日回数に対する前3日間平均日回数の比が、それぞれ、概ね1割まで減少及び概ね1.7倍まで増加すること）

⑤ごく小規模な噴火が発生

⑥次のいずれかの現象のうち複数の現象が発生

- ・山麓の高感度カメラでのみ観測される微弱な火映または山頂火口内で顕著な温度上昇

- ・微動回数の増加（日 10 回程度）
- ・T型地震の増加（日 5 回程度）
- ・噴煙量や地震回数の増加（②③に達しない場合も含む）

⑦小噴火が発生

（引下げ基準）

レベル2の段階で、上記の①～⑦の全ての現象が観測されなくなって1ヶ月経過後、レベル1に引き下げる。ただし、火道閉塞を反映する地震活動の急変によりレベルを引き上げた後噴火が発生しなかった場合は、火道閉塞が解消されたと推定されてから概ね2週間経過後。

（解説）

浅間山の火山活動が高まった際に観測される異常現象について、過去の観測データに基づき、火山活動が高まっていると判断される期間について、レベル2以上に判定できるように、それぞれの観測項目の閾値を設定している。

- ①最も定量的に観測できる二酸化硫黄放出量についての過去の観測データの解析結果によると、静穏時の二酸化硫黄放出量は概ね100～200トン/日であるが、噴火活動期には1000トン/日を超える。二酸化硫黄放出量は連続観測できないこと、放出量は1日の間でも変動することから、一定期間経過して一時的な高まりではないことを確認した後に判断することとしている。二酸化硫黄放出量の観測は2002年以降しかないため、それ以前の観測データから噴煙量から判断する基準も併せて定めている。これについても、短期間の観測データには気象の影響等によるゆらぎがあるため、1ヶ月間の平均値を用いることとしている。
- ②火山性地震の活発化は浅間山ではしばしば見られるが、活動期に至る過程では火山性地震の回数が徐々に増加する。火山性地震についても、一時的な高まりではないことを確認するため、1ヶ月間の平均回数をもとに判断することとしている。しかし、地震回数の増加は必ずしも噴火につながらないケースも多いことから、噴煙量など他の観測データに高まりが見られるかどうかを判断して引き上げることとしている。
- ③2000年以降の中小噴火のほとんどは、浅間山西麓の地下でゆっくりとした膨張の地殻変動が観測されている時期に発生しており、浅間山の火山活動をよく表す指標である。このような地殻変動はGNSS観測によって捉えられるが、近年は、傾斜計によって、GNSS観測よりも早期に覚知されることが多い。しかし、その変化率は小さいものであり（観測点によって異なるが概ね0.01～0.03 μ rad/日）、傾斜計、GNSSいずれも地殻変動の観測データにはノイズが多く含まれることなどから、単独の指標では判断せず、噴煙量など他の観測データに高まりが見られるか否かも加味して判断することとしている。なお、ごく小規模な噴火は膨張期以外でも発

生していることに注意が必要である。

- ④2019年8月7日の小噴火に先行して、山頂火口底の温度の急低下、BL型地震の急減及び微小地震を含むBH型地震の急増が観測された。同様に、18日後の8月25日に発生した小噴火についても、先行して8月7日の噴火と同様の地震活動の急変がみられた。これらの噴火は火道の閉塞により火道内が増圧したことで引き起こされたと考えられる。2019年に見られた現象のうち、安定して観測できる地震計による地震回数をもとに、上記基準のとおりBL型及び微小地震を含むBH型地震回数の急変によってレベルを引き上げるようにした。
- ⑤上記基準を運用すれば、1960年代以降の噴火はごく小規模な噴火も含めレベル2以上で発生することになる。しかし、一般的に突発的な噴火の発生は予測できない場合もあるため、微小なものも含め、火口からの火山灰噴出（噴火）が発生した場合は速やかにレベル2に引き上げ、その他の観測データも含めてその後の活動の経過を見ることとする。ただし、ごく小規模～小噴火の頻度が高くなった場合はレベル3に引き上げる（後述）。
- ⑥過去の活動期には火口底の温度上昇、高感度カメラでは、微弱な火映現象が見られる。あるいはT型地震と呼ばれる特異な火山性地震が見られることもある。しかし、火山性地震の増加と同様に静穏な時期にも発生することもあることから、他の観測データとあわせて判断する。過去の活動期のデータを参考に、それらと同程度の異常が複数項目に渡って観測された場合にレベルを引き上げる。これらの現象単独での基準でレベルを引き上げることはしない。
- ⑦突発的な小噴火についても⑤と同様とする。

レベル2からレベル1への引下げについては、レベル上げの各判定基準を観測データが下回った場合を目安とするが、過去の観測データを用いたシミュレーション結果でみると、レベル上げの判定基準を下回った後も、しばらくの間は火山活動が不安定な状況が続き、短時間で再びレベル上げの判定基準に達することも多い。そのため、概ね1ヶ月程度観測データを監視し、様子をみた後に引き下げることとする。ただし、火道閉塞を反映する地震活動の急変によりレベルを引き上げた後に噴火が発生しなかった場合、BH型地震の前3日間平均回数と前1ヶ月平均回数の比が概ね1まで減少したら、火道閉塞が解消された可能性が高いとし、その後2週間程度様子をみた後に引き下げることとする。

【レベル3】

(判定基準)

レベル1～2の段階で、次のいずれかの現象が観測された場合、レベル3に引き上げる。ただし、①については、レベル3の段階で発生した場合も含め、「中噴火が切迫している」とする火口周辺警報を発表する（特別な防災対応が必要な状況）。

①西麓地下での急激な膨脹（地震急増を伴う）

傾斜計で西麓地下での急激な膨脹を示す傾斜変動が観測され、ほぼ同時に BH 型地震の回数が急増 または
傾斜計のノイズレベルが高く変化が判別できない場合は、石尊観測点の BH 型地震回数が 12 時間に概ね 50 回以上発生

②明瞭な火映の発生

レベル 2 の状態で肉眼で観測できる程度の火映を観測

③中噴火の発生または可能性

- ・中噴火の発生
- ・ごく小規模～小噴火が継続的に発生(概ね 20 回/24 時間または概ね 30 回/30 日)

(引下げ基準)

レベル 3 の段階で、上記の②～③の全ての現象が観測されなくなって概ね 1 ヶ月（一連の活動で中噴火が発生した場合は、概ね 2 ヶ月）経過後、レベル 2 に引き下げる。ただし、①については、現象が観測されなくなり、その他の観測データにも特段の異常が見られなくなって 1 日以内にレベルの切り替えを行う（「中噴火が切迫している」を削除、ただし、レベル 3 は維持する）。

(解説)

浅間山の中噴火の先駆現象について、過去の観測データに基づき整理し、それぞれの観測項目の閾値を設定している。

- ①2000 年以降の活動期に、個々の中噴火の直前に傾斜計で西麓の地下での急激な膨脹が始まり、ほぼ同時に（またはやや遅れて）BH 型地震が多発し始め、噴火に至ったケースが数多くある。そのような場合には、「中噴火が切迫している」とする火口周辺警報を発表する（特別な防災対応が必要な状況）。その傾斜変化は、前述のレベル 2 ③で示した変化率よりも大きく、 $0.05 \sim 0.4 \mu \text{rad}/\text{日}$ （最大で $0.01 \sim 0.02 \mu \text{rad}/\text{時間}$ 、観測点によって異なる）である。2000 年以降の観測データによると、傾斜変化が始まってから数時間～1 日強で噴火が発生、または噴火せずに収縮して傾斜計はもとの状態に戻っている。その場合、他の観測データに特段の高まりが見られないことを確認した上でレベル 3 の切り替え（②、③と同様に特別な防災対応は不要な状況となる）を行うこととする。
- ②過去の高感度カメラが整備されていない時代から、中噴火前に火映現象が肉眼で観測されている経験則がある。
- ③噴火活動が始まると一定期間噴火活動が続き、中噴火も発生する可能性が出てくる。そのため、レベル 2 以下で中噴火が発生した場合は、レベル 3 に引き上げることにする。また、過去には、ごく小規模～小噴火が頻発した後中噴火の発生につながった事例がある。例えば、1958 年噴火の場合、ごく小規模噴火が継続的に発生

した後中噴火に至っていることから、そのような場合にもレベルを3に引き上げる。ごく小規模～小噴火の継続的な発生による引上げの目安は過去事例から概ね20回/24時間または概ね30回/30日とする。

レベル3からレベル2への引下げについては、レベル2→1の場合と同様、レベル上げの各判定基準を観測データが下回った後、一定期間観測データを監視し、火山活動の状況を見極めた後に引き下げることとする。経過を観察する期間は、レベル2→1の場合と同様概ね1ヶ月とするが、過去のデータを用いたシミュレーション結果では、一連の活動の中で中噴火が発生した場合は、2ヶ月見た方が頻繁なレベルの上げ下げを避けることが出来ることから概ね2ヶ月とする。

【レベル4、5】（積雪期の融雪型火山泥流）

（判定基準）

積雪期に、次のような現象が見られた場合に、それぞれ5または4に引き上げる。

- ①先端が概ね1 km を超える火砕流の発生（レベル5）
- ②追分地震計南北成分で100 μ m 以上の爆発地震を伴い、かつ追分空振計で300Pa 以上の空振を伴う噴火が発生（レベル4）
- ③融雪型火山泥流が居住地域に到達（レベル5）

（引下げ基準）

融雪型火山泥流の影響が居住地域に及んでいないことが確認された場合には、レベル3に引き下げる。居住地域に及んでいた場合には、影響範囲を把握した上で、警報の切り替えもしくはレベル3への引下げを行う。

（解説）

融雪型火山泥流は、噴火に伴い発生した火砕流が積雪を融かして発生する。浅間山では、噴火に伴って発生する火砕流の有無を監視し、火砕流の発生が確認された場合、または発生している可能性が高い場合に噴火警報を発表することとしている。数値シミュレーションによれば、居住地に到達する規模の融雪型火山泥流を発生させる火砕流は、小さくとも火口から2 km を超える規模のものであることから、安全係数をみて、1 km を超える火砕流が発生した場合にレベル5（火砕流発生）とする。また、視界不良で火砕流の有無を確認できない場合には、過去の火砕流を伴った中噴火で地震計や空振計により観測されたデータをもとに、同等の規模の噴火であることが推定された場合にレベル4（火砕流発生の可能性）とする。

以上の警報発表後、関係自治体・機関等からの情報提供、聞き取り等により居住地域に泥流の影響が及んでいないことが確認された場合には、レベル3に引き下げる。居住地域に及んでいた場合には、影響範囲を把握した上で、関係自治体・機関等と協議した上で、警報の切り替え（警戒の必要な範囲の縮小）もしくはレベル3への引下げを行う。

なお、積雪期であるか否かの判断基準は、火山館、もしくは高峰高原ホテル付近において、積雪が概ね 50cm 程度となった場合とする。気象庁は、融雪型火山泥流に対する噴火警報・噴火警戒レベルの運用時期(積雪期)となった、あるいはなくなったことは、(警戒レベルに関わらず) あらかじめ関係機関に通報しておくこととする。

【レベル4～5】(天仁天明クラスの噴火)

(判定基準)

レベル3の段階で、次のいずれかの現象が観測された場合、レベル4、5に引き上げる。

①軽石噴火の発生

軽石を多量に含む噴火(準プリニー式あるいはプリニー式噴火)

②噴火継続中に山体内を震源とする有感地震多発

活発な噴火活動中に山体内を震源とするA型地震が多発

③多量のマグマ上昇を示す顕著な地殻変動

従来観測されたことのないような規模(率)の山体膨張

(引下げ基準)

上記の現象がみられなくなるなど、観測データに活動低下が認められた場合に、火山活動を評価した上で総合的に判断する。居住地が溶岩流や火砕流に被災した場合は、当該現象が終息した後、関係機関等の対策を考慮しながら、必要に応じ、噴火警戒レベルの再設定を行うこととする。

(解説)

浅間山の過去の大規模な噴火、特に天明の大噴火時の先駆現象をもとに設定している。大規模な噴火は、噴火が頻発し、その規模が次第に大きくなって軽石噴火が発生することが知られていることから、噴火の発生状況を監視して準プリニー式あるいはプリニー式噴火に移行したと判断できた段階でレベル4、5に引き上げることとしている。また、大規模な噴火は、大量のマグマが山体へ上昇することで発生すると考えられ、近年の観測では経験がないような地震活動や地殻変動が観測されると想定される。レベル4及び5からの引下げは、過去の観測経験がないことから、地元関係機関の防災対応状況等も勘案し、観測データに活動低下が認められた場合に、火山活動を評価した上で総合的に判断する。居住地が溶岩流や火砕流に被災した場合は、それらの現象が終息した後も当該地域は避難(レベル5)が続くことになる。そのような場合には、関係機関等の対策を考慮しながら、必要に応じ、噴火警戒レベルの再設定を行うこととする。

以上で示した判定基準のほか、これまで観測されたことのないような観測データの変化があった場合や新たな観測データが得られて総合的に評価した上でレベルを判断することもある。

5 改善経緯と今後検討すべき課題

浅間山は、過去の豊富な観測経験があり、これまでの活動においてもたびたび噴火前に警告を発することができている火山である。しかし、2019年8月の噴火は明確な火山活動の高まりがみられない中で発生した。この噴火は火道の閉塞により火道内が増圧したことで引き起こされたことが後に明らかになり、令和5年度の噴火警戒レベル判定基準改定では、その際に観測された地震活動の急変をレベル2への判定基準に取り入れた。また、同時に、ごく小規模～小噴火発生によるレベル3への引上げ基準も過去データに基づき改定するとともに、レベル2及びレベル3への引上げに係る傾斜計の変化率についてもその目安を本解説に明記することとした。

以上示した判定基準は、現時点での火山学的知見や監視体制を踏まえたものであり、今後の状況に応じて随時見直すこととする。特に、以下の各課題については、引き続き取り組み、判断基準の改善を進める必要がある。

- (1) 大規模な噴火に至るレベル4及び5の判定基準については、火山防災協議会における大規模噴火時の避難計画等防災対応の検討の中で、より具体的な数値基準を設定していく必要がある。
- (2) 融雪型火山泥流に関する判定基準のうち、特に悪天候時の判定基準（レベル4）は、検討を続ける必要がある。