

平成 31 年 3 月 18 日運用開始
平成 31 年 3 月 18 日現在
気 象 庁

乗鞍岳の噴火警戒レベル判定基準とその解説

1. 想定する噴火

既往研究および平成 28 年に乗鞍岳火山防災協議会が乗鞍岳火山ハザードマップ作成の際に行った現地調査により、乗鞍岳の過去 1 万年間の噴火には以下のような特徴があることがわかっている。

- ・乗鞍岳では過去 1 万年間に、剣ヶ峰～権現池付近の火口から少なくとも計 14 回の噴火があったと推定される。
- ・このうち 2 回はマグマ噴火（約 9600 年前、約 9200 年前）で、溶岩流を伴った可能性がある。
- ・約 9200 年前の噴火では水蒸気噴火からマグマ噴火に移行し、火砕流とスコリア降下をもたらしたと考えられる。

これらのことを踏まえて作成された乗鞍岳火山ハザードマップ（乗鞍岳火山防災協議会、2017）をもとに、噴火場所や噴火に伴う火山現象及びその影響範囲を以下のように想定した。

①噴火場所

権現池付近を中心とする長径 1,700m、短径 1,500mの範囲を想定火口域とした（図 1）。以下、この想定火口域を「火口」とよぶ。

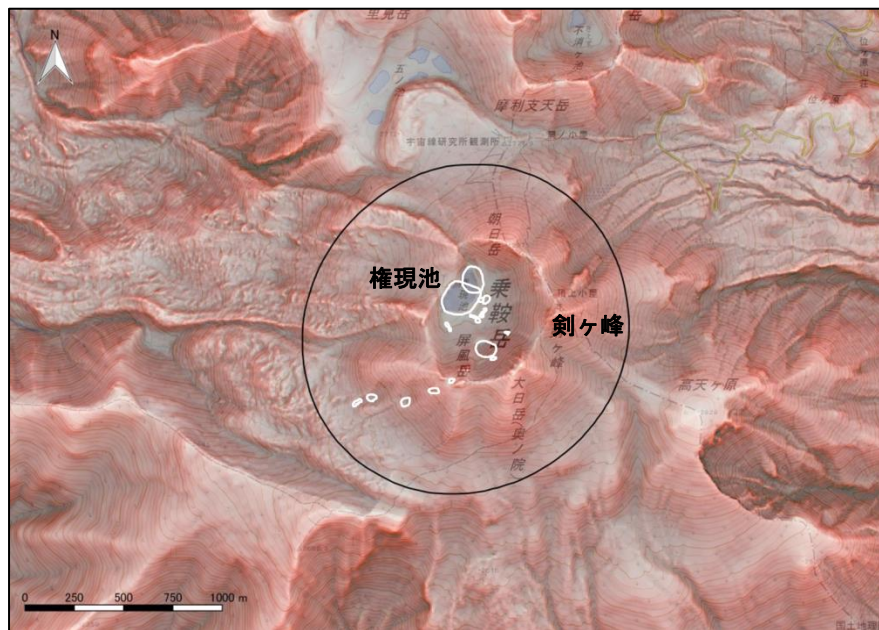


図 1 乗鞍岳の想定火口域（黒丸）と地形判読による火口（白丸）
（乗鞍岳火山ハザードマップ等作成事業業務報告書に加筆）

②噴火様式と現象及びその影響範囲

噴火様式と噴火に伴う火山現象及び影響範囲は下表のとおりである。なお、表中の距離については想定火口域（火口）の縁からの距離で表現している（以下も同様）。

噴火様式	噴火に伴う火山現象	影響範囲	噴火警戒レベル
水蒸気噴火	大きな噴石、小さな噴石、降灰	火口から概ね1 km 以内の範囲 (大きな噴石)	レベル2
	大きな噴石、小さな噴石、降灰、火砕流	火口から概ね1 km 以内の範囲 (大きな噴石) 火口から概ね4 km 以内の範囲 (火砕流)	レベル3
マグマ噴火	大きな噴石、小さな噴石、降灰、火砕流、溶岩流、融雪型火山泥流（積雪期）	火口から概ね4 km 以内の範囲 (火砕流、溶岩流、大きな噴石)	レベル4、5
		火口から概ね4 km 以内の範囲 (大きな噴石) 居住地域を含む広範囲 (火砕流、溶岩流、融雪型火山泥流（積雪期）)	

- ・「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とする。小さな噴石や火山灰は、風に流されて影響範囲を超えて風下側に広範囲に達することがある。
- ・融雪型火山泥流については、実績は確認されていないが、発生する可能性が考えられるので、防災上警戒が必要な規模のものを想定した。
- ・上記の影響範囲は、あくまで一定条件下での数値シミュレーション結果に基づく推定であることに留意する必要がある。

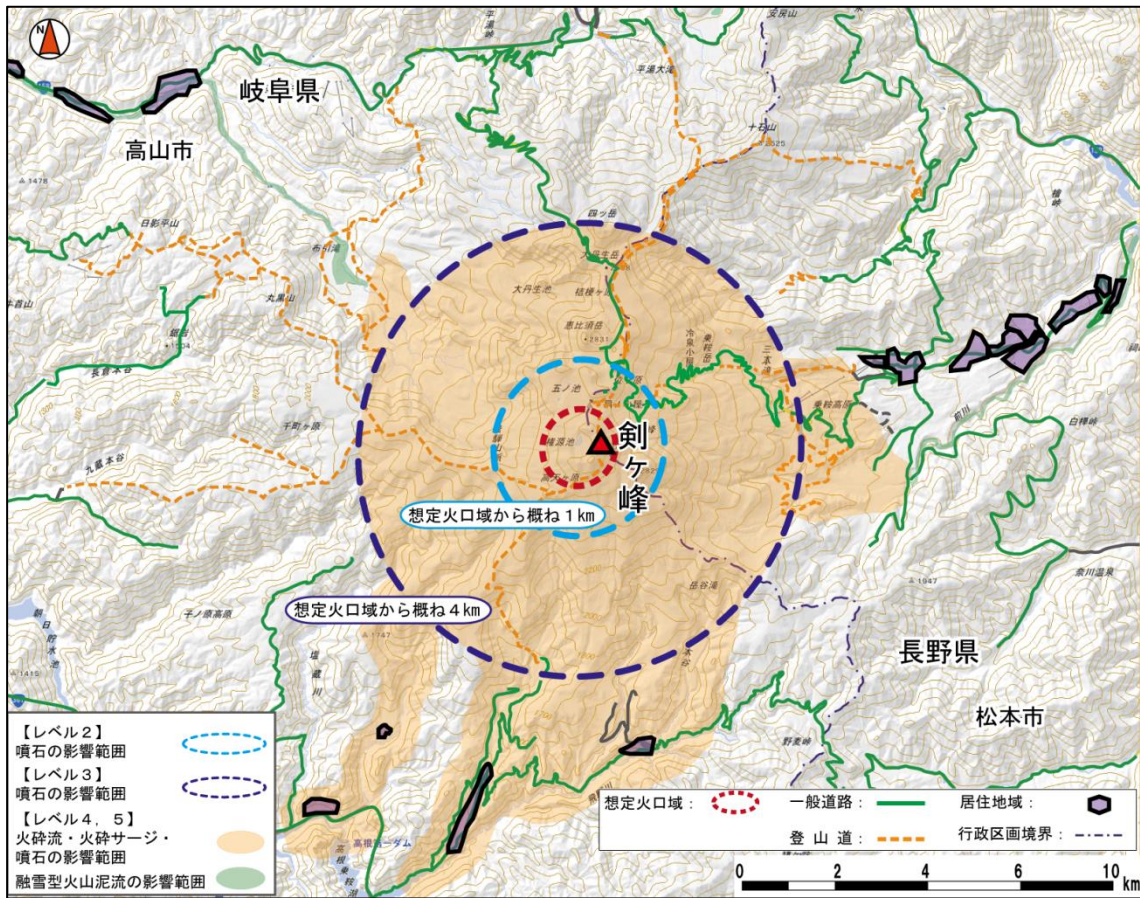


図2 乗鞍岳の想定火口域、噴火に伴う現象及び影響範囲

2. 火山活動の時間的な推移

乗鞍岳では、水蒸気噴火のみで終了する活動と水蒸気噴火からマグマ噴火に移行する活動があることが地質調査等で確認されているものの、有史以降の噴火記録がないため、その活動推移を詳細に記述した文献などは残っていない。また、近代観測の開始が2010年と最近であり、かつ現在の火山活動は静穏な状態で、火山活動の高まりを観測した事例がない。そこで、一般的な火山学的知見や御嶽山など他の火山の事例を参考にしてレベル判定基準を設定した。

一般的に、長期にわたって静穏な状態が続いている火山は、突然マグマ噴火が発生することは稀で、活動は水蒸気噴火で始まる可能性が高いと考えられる。さらに、水蒸気噴火についても、現在の火山活動は静穏で、噴気もみられていないことから、水蒸気噴火発生前には火山性地震の増加や噴気活動の活発化など、火山活動の高まりを示す現象が観測されることが考えられる。マグマ噴火に関しては、基本的に深部からマグマが上昇し、最終的に地表面に噴出する現象であることを念頭に、その過程で観測されると考えられる現象を想定した。

3. 噴火警戒レベルの区分け

①レベル1（活火山であることに留意）

火山活動は静穏。若干の火山性地震、あるいは火山性微動の発生などありうる。

②レベル2（火口周辺規制）

火口から概ね1 km 以内の範囲に影響する水蒸気噴火の発生、あるいは、火山性地震の増加や、地殻変動や噴気活動がみられるなど火山活動が高まり水蒸気噴火が発生する可能性がある状態。

③レベル3（入山規制）

火口から概ね4 km 以内の範囲に影響する水蒸気噴火やマグマ噴火の発生、あるいは発生する可能性がある状態。大きな噴石が火口から概ね1 km を超え4 km まで飛散するような噴火や火砕流や溶岩流（積雪期には融雪型火山泥流）が火口周辺にとどまる程度の噴火が発生した場合のほか、地震活動の活発化や山体の膨張を示す地殻変動などマグマの上昇を示す現象が観測される状態。

④レベル4（避難準備）

火砕流や溶岩流（積雪期には融雪型火山泥流）が火口から4 km 付近まで到達した場合や、噴火活動のさらなる活発化を示唆する現象が観測されるなど、火砕流や溶岩流（積雪期には融雪型火山泥流）が居住地域に到達することが予想される状態。

⑤レベル5（避難）

噴火に伴う火砕流や溶岩流（積雪期には融雪型火山泥流）が火口から4 km を超えて流下するなど、居住地域に重大な被害を及ぼす火砕流、溶岩流（積雪期には融雪型火山泥流）の発生が切迫、あるいは発生した状態。

4. 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

乗鞍岳においては、噴火活動の推移を詳細に把握できている過去の噴火事例がないため、噴火シナリオを想定することは難しく、一般的な火山学的知見や他火山の噴火事例を参考に検討した。一方、乗鞍岳は3000m級の高山にもかかわらず山頂付近へのアクセスが容易で多くの登山客や観光客が訪れる観光火山であることを踏まえ、安全サイドに立ったレベル運用を前提に判定基準を設定した。

【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。

<火口から概ね1 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①火口付近浅部を震源とする火山性地震の増加
- ②火口周辺に降灰がみられる程度の噴火の発生
- ③次の現象が複数観測された場合

・上記基準に達しない程度の浅部を震源とする地震活動の高まりや、振幅の小さな火山性微動

が増加

- ・新たな噴気の発生など熱活動の高まり
- ・浅部の膨張を示す地殻変動を確認

<火口から概ね1 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>

④噴火が発生し、大きな噴石が火口から概ね1 km 以内の範囲に飛散

(引き下げ基準)

上記の条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、レベルを引き下げる。

(解説：判定基準)

<火口から概ね1 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①雌阿寒岳（2006年、2008年）や御嶽山（2007年、2014年）など、多くの水蒸気噴火事例では、その発生前に火口付近浅部を震源とする火山性地震（低周波地震を含む）の増加が観測されていることから、乗鞍岳においても火山性地震の増加を想定した。地震回数については、御嶽山の判定基準を参考として任意の24時間で50回を目安とした。ただし、現在の乗鞍岳では山頂付近の火山性地震はほとんど観測されておらず、その活動の特性は十分に分かっていないことから、目安の回数以下であっても、地震の規模や低周波成分が卓越するなど波形の特徴等により、火口から概ね1 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性があると判断した場合や、③に示した現象を伴った場合にはレベルを2に引き上げる。なお、乗鞍岳周辺の海面下やや深部では、ときおり地震がまとまって発生しているが、これらは火山活動には直接関連しない構造性的地震と推定されるため、判定基準の対象に含めない。少なくとも2010年の観測開始以降、周辺の構造性的地震の活動に伴って、山頂付近の低周波地震や火山性微動の発生や噴気出現が確認された事例はなく、このような構造性的地震の発生が直接的に噴気出現などの表面現象に発展することはないと考える。
- ②火口内にとどまる程度を含め火口周辺に降灰がみられる程度の噴火が発生した場合、その後、火口から概ね1 km の範囲まで大きな噴石が飛散する噴火に発展する可能性も否定できないので、念のためレベルを2に引き上げる。火口内にとどまる程度の噴火は、山麓の監視カメラだけでは検知できない場合もある。そのような噴火発生の通報があり、震動記録などその他の観測データや、必要に応じて実施した現地調査結果などから、噴火が発生した可能性が高いと判断した場合は、念のためレベルを2に引き上げる。
- ③霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）や箱根山など多くの火山で、水蒸気噴火の前駆現象として、地震活動の高まりのほか、火山性微動、浅部の膨張を示す地殻変動、噴気活動の高まりなど、火山活動の活発化を示す現象が複数同時に観測されていることから、これらの項目が複数観測された場合、レベル2に引き上げる。特に、現在の乗鞍岳の場合、噴気・地熱活動はなく、山頂付近の火山性地震もほとんど観測されていない。このような静穏な火山の活動が高まって表面現象に至るには、新たに火山ガスなどの火山性流体等が上昇する必要があり、そういった場合、地震や火山性微動、また、わずかながらも地殻変動を伴う可能性が高

い。乗鞍岳の浅部を震源とする火山性地震（低周波地震を含む）の高まりについては、①で想定した短期的な増加だけではなく、1日あたりの回数は少ないながらも、その状態が継続した場合なども想定される。

<火口から概ね1 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>

④一般的に水蒸気噴火は明瞭な前兆が観測されないまま突発的に発生する場合がある。火口から概ね1 km 以内の範囲に大きな噴石が飛散するような噴火が発生した場合、レベル2に引き上げる。なお、噴火発生当初、大きな噴石が飛散したと推定されるが、その飛散範囲が特定できない場合は、安全をみてレベル3に引き上げる。

(解説：引き下げ基準)

上記の条件を満たさなくなり、火山活動の推移を注意深くみて、火山活動に低下が認められ、火口から概ね1 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性が低くなったと判断した場合、レベルを引き下げる。なお、火口周辺に影響を及ぼす噴火の可能性が低下しても、噴気などの熱活動は、低調になるまで時間がかかることが多いので、そのことも考慮する。

【レベル3】

(判定基準)

次の現象が観測された場合にレベル3に引き上げる。

<火口から概ね4 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①水蒸気噴火を繰り返し、規模が大きくなる傾向がみられたとき
- ②傾斜変動を伴う振幅の大きな火山性微動が発生
- ③火山性地震の急増、規模増大（レベル2よりも回数多あるいは規模大）
- ④噴火の噴出物に、明らかに新鮮なマグマ性物質が含まれており、マグマ噴火の可能性があると判断した場合

<火口から概ね4 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>

- ⑤噴火が発生し、大きな噴石が火口から概ね1 km を超え4 km まで飛散
- ⑥噴火が発生し、火砕流、溶岩流、融雪型火山泥流（積雪期）が流下したが、その影響範囲が火口周辺に留まり、居住地域には達しないと判断した場合

(引き下げ基準)

上記の条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、レベルを引き下げる。

(解説：判定基準)

火山学的知見や他の火山の事例に基づき、基本的にマグマ噴火の先駆現象と考えられる事項を設定した。

<火口から概ね4 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①2011年の霧島山（新燃岳）噴火や1995年の雲仙岳噴火では、水蒸気噴火を繰り返しながら、マグマ噴火に至っている。これらのことを踏まえ、水蒸気噴火を繰り返し、噴煙の様子や噴出物量、噴火とともに観測される傾斜変動量などから判断して、規模が大きくなる傾向がみられた場合は、マグマ噴火発生の可能性が考えられるため、レベル3に引き上げる。
- ②2014年御嶽山噴火、2014年口永良部島噴火、2018年草津白根山（本白根山）噴火など、多くの火山で、噴火発生直前に、傾斜変動を伴い振幅が大きな火山性微動が観測されている。特に2014年御嶽山噴火や2014年口永良部島噴火では、火砕流が1 kmを超えて流下している。従って、これらのような火山性微動を観測した場合は、噴火発生の可能性が考えられるので、速やかにレベル3に引き上げる。
- ③レベル2よりも規模の大きな地震活動がみられた場合は、より規模の大きな噴火の可能性も否定できないことから、念のためレベル3に引き上げる
- ④2011年霧島山（新燃岳）噴火では、マグマ噴火に前駆して発生した噴火の噴出物中に新鮮なマグマ物質が明らかに認められた。このように、噴出物中に新鮮なマグマ物質が明らかに認められるなど、マグマ噴火発生の可能性があると判断した場合は、レベル3に引き上げる。ただし、噴火の状況や地震活動、地殻変動などを勘案して、マグマ噴火の可能性がないと判断した場合は、レベル3に引き上げない。

<火口から概ね4 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>

- ⑤噴火により、火口から概ね1 kmを超え、概ね4 kmの範囲まで大きな噴石が飛散したことが認められた場合は、速やかにレベル3に引き上げる。また、大きな噴石が飛散したと推定されるが、その飛散範囲が特定できない場合は、安全をみてレベル3に引き上げる。
- ⑥噴火が発生し、火砕流あるいは溶岩流、または融雪型火山泥流（積雪期）が流下した場合、その後、さらに流下距離が伸びる可能性がある。流下距離が火口周辺にとどまっている場合は、火口から4 km程度まで伸びる可能性が考えられることから、レベル3に引き上げる。ただし、地震活動や地殻変動などその他の観測データに、さらなる活発化を示す傾向がみられるなど、火口から概ね4 kmの範囲にとどまらなると判断した場合は、状況に応じてレベル4もしくは5に引き上げる。逆に、地震活動や地殻変動などその他の観測データに、活発化を示す傾向がないなど、流下距離がそれ以上伸びないと判断した場合は、すみやかにレベルを2に引き下げる。

（解説：引き下げ基準）

上記の条件を満たさなくなり、火山活動の推移を注意深くみて、火山活動に低下が認められ、火口から概ね1 kmを超え4 km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性が低くなったと判断した場合、レベルを2に引き下げる。

【レベル4～5】

(判定基準)

次のいずれかの現象が観測された場合、レベル4または5に引き上げる。

(レベル4)

<居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性>

- ①火砕流や溶岩流、融雪型火山泥流（積雪期）が流下し、居住地域に達する可能性
- ②山体内に規模の大きな地震（有感地震を含む）が多発
- ③多量のマグマ上昇を示す顕著な地殻変動 等

(レベル5)

<居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫又は発生>

- ④火砕流、溶岩流、融雪型火山泥流（積雪期）等が居住地域に切迫または到達 等

(引き下げ基準)

各レベルに該当する現象が観測されなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、レベルを引き下げる。

(解説：判定基準)

- ①火砕流や溶岩流、融雪型火山泥流（積雪期）が火口から居住地域方向に4 km 付近まで流下した場合、その後、さらに流下距離が伸びて居住地域に重大な被害を及ぼす可能性があると考えられることからレベル4に引き上げる。
- ②及び③ 一般的に多量のマグマが上昇すると、規模の大きな地震（有感地震を含む）の多発や、地殻変動が観測される可能性があり、そういった場合は、火砕流が居住地域に達する噴火の可能性が考えられる。そのような現象が観測され、多量のマグマの上昇の可能性が考えられた場合は、レベル4に引き上げる。なお、地震活動や地殻変動の状況から、火砕流が居住地域に達する噴火が切迫していると判断した場合は、レベル5に引き上げる。
- ④火砕流あるいは溶岩流、または融雪型火山泥流（積雪期）が火口から居住地域方向に概ね4 km 付近を超えて流下した場合、その後、さらに流下距離が伸びて居住地域に達する可能性が高いので、レベル5に引き上げる。しかし、地震活動や地殻変動などその他の観測データに、さらなる活発化を示す傾向がないなど、流下距離がそれ以上伸びないと判断した場合は、状況を見て、レベル4、もしくはレベル3にする。

(解説：引き下げ)

上記の条件を満たさなくなり、火山活動の推移や火砕流堆積物による地形変化や溶岩流の状態をみて、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性が低くなったと判断した場合、レベルを引き下げる。

以上で示した基準のほか、新たな観測データや知見が得られた場合は、それらを加味して火

山活動評価を行った上でレベルを判断することもある。

5. 今後検討する課題

乗鞍岳の火山活動に関する火山学的知見は少なく、観測データも不足しており、不明な点が多い。以上に示した判定基準は、現時点での知見や監視体制を踏まえたものであり、今後、以下の各課題に引き続き取り組み、判定基準の改善を進める必要がある。

- (1) 機動観測を含め必要な観測を継続的に検討・実施し、事例を積み重ねながら活動の理解を深めていき、判定基準をより精緻化していくことが重要である。
- (2) 火口近傍のデータの活用等、新たな項目を判定基準に取り込む検討を続ける必要がある。