

平成 23 年3月 31 日運用開始
令和 2 年 3 月 27 日現在
気 象 庁

焼岳の噴火警戒レベル判定基準とその解説

1. 想定する噴火の規模、様式と現象

焼岳は約 25000 年前以降に活動を開始したと考えられている。また、約 4000 年前には下堀沢溶岩と呼ばれる焼岳で最大規模の溶岩を流出する噴火も発生したほか、約 2300 年前に最新のマグマ噴火が発生し、現在の山頂溶岩ドームおよび中尾火砕流堆積物を形成した。

このマグマ噴火以降、1962 年(昭和 37 年)の噴火まで水蒸気噴火が頻繁に発生している。1915 年(大正4年)の噴火では泥流の発生により大正池が形成された(一色, 1962)。1962 年の水蒸気噴火では約 50cm 程度の噴石が火口から数百mの距離にあった旧焼岳小屋付近に飛散し、2名の負傷者がでている。

これら過去の噴火事例をもとに、噴火場所や噴火様式とその規模を以下のとおりとした。

①噴火場所

過去の噴火はいずれも山頂火口付近から発生しており、今後の噴火も山頂付近(溶岩ドーム)で発生する可能性が高い。よって、想定火口は過去の活動火口及び現在の噴気地帯を包括する範囲とし、図1(焼岳火山防災基本図の想定火口範囲)のような北西―南東方向に 2.4km、北東―南西方向に 1.4km の小判型の領域とする(この領域内のどこかに火口が生成されるものと想定する)。

②噴火様式と現象及びその影響範囲

焼岳では水蒸気噴火のみで終わる噴火と、水蒸気噴火からマグマ噴火に至る噴火を繰り返してきたと考えられている。そこで、火口周辺に噴石を飛散させる水蒸気噴火のみで終了する噴火活動と、居住地域にまで影響を及ぼす溶岩流・火砕流を伴うマグマ噴火を想定する(表1)。

水蒸気噴火では、小規模噴火と大規模噴火を想定する。1962 年噴火は小規模噴火に相当する。そのため、小規模な水蒸気噴火については、1962 年噴火の噴石の飛散距離(火口から数百m)を踏まえ、大きな噴石の最大到達範囲を1kmとした。大規模な水蒸気噴火については、他火山の事例も考慮して、大きな噴石の最大到達範囲を想定火口から2kmとした。

マグマ噴火が発生した場合は、火砕流および溶岩流の影響が大きい。また、積雪期においては、火砕流により発生する融雪型火山泥流が発生する可能性もある。約 2300 年前の噴火で火砕流が山頂北西の足洗谷から蒲田川流域のほか、東の大正池付近まで達している。焼岳火山防災基本図では、火砕流の流下が想定される地域として、約 2300 年前の噴火の領域のほか、上高地、高原川流域も含まれている。そこで火砕流による影響範囲は焼岳火山防災基本図に基づいた範囲を想定する。また、約 4000 年前の噴火による溶岩流は焼岳山頂の東～南東にかけて分布しており、梓川まで達しているほか、一部は中ノ湯に達している。マグマ噴火による影響範囲は居住地域までを想定する。



図1 焼岳火山防災基本図（噴火警戒レベル2・3の場合）

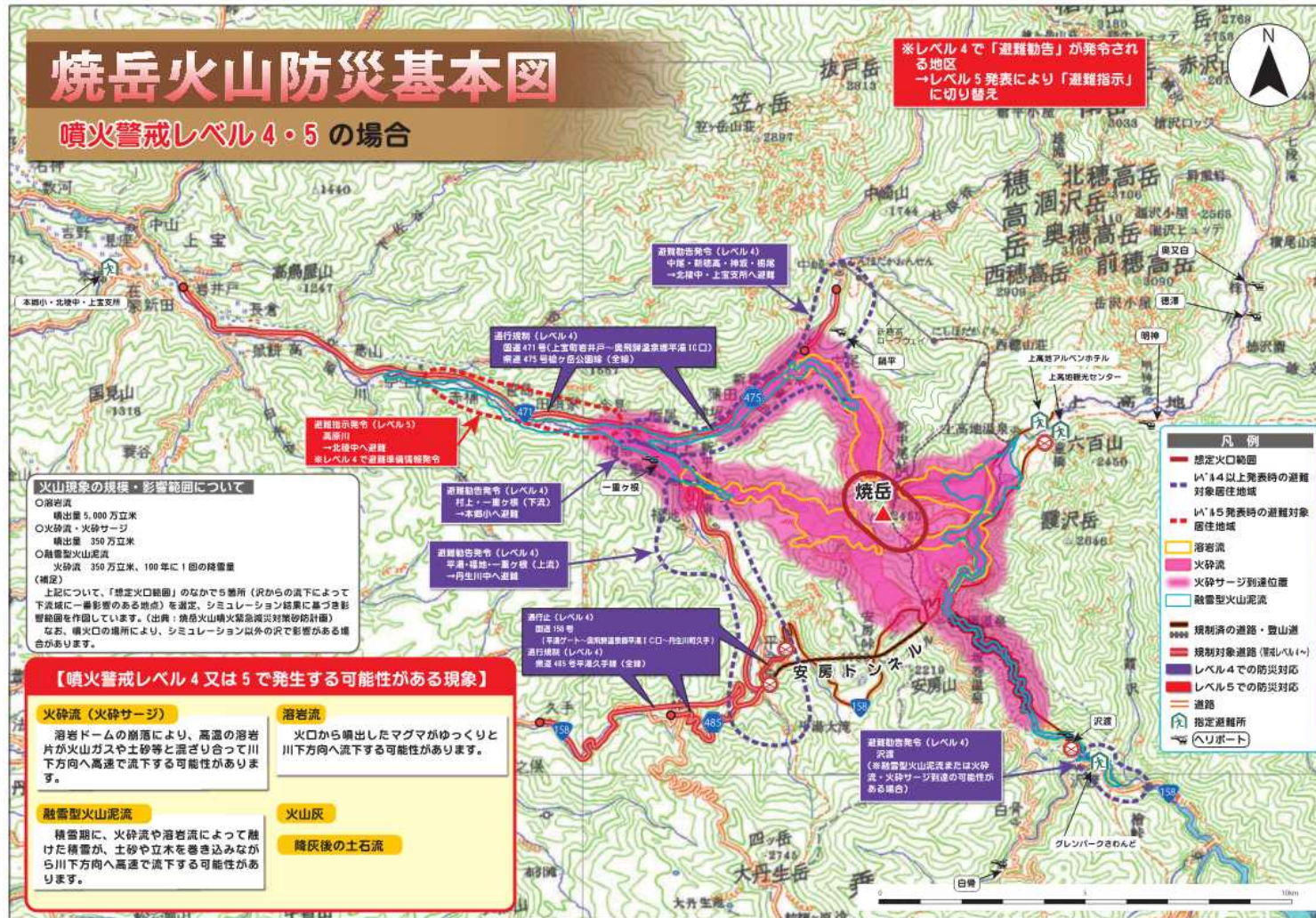


図2 焼岳火山防災基本図(噴火警戒レベル4・5の場合)

表1 想定される噴火様式と影響範囲

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、泥流	火口から概ね1km 以内の範囲 (大きな噴石)	レベル2
		火口から概ね2km 以内の範囲(大きな噴石)	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2km 以遠 (大きな噴石) 居住地域を含む広範囲 (溶岩ドーム崩落による火砕流、溶 岩流、融雪型火山泥流)	レベル4、5

※ 降水等による土石流・泥流のように、噴火終了後に二次的に発生する現象を含む。

「降灰」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。

2. 火山活動の時間的な推移

焼岳では、前述のように、水蒸気噴火のみで終わる噴火と、水蒸気噴火からマグマ噴火に到る噴火が繰り返されている。いずれの場合においても、まずは準備過程として、マグマから分離した高温の火山ガスの上昇に伴う山体浅部での熱活動の高まりが想定される。このプロセスは数ヶ月から数年を要すると考えられ、地下の状態に応じて山体膨張を示す地殻変動や地震活動、熱異常の広がりや噴気の増大などが観測される可能性が高い。山体浅部の増圧が限界に達すると、その規模に応じて水蒸気噴火が発生する。噴火は数時間から数ヶ月程度継続する可能性がある。

この後、水蒸気噴火のみで終わる場合は数ヶ月から数年かけて徐々に活動がおさまるが、マグマ噴火に到る場合は、溶岩の流出、または溶岩ドームの成長が始まる。溶岩ドームが崩壊すると火砕流が発生する。溶岩の流出または溶岩ドームの成長～崩壊の繰り返しは、数ヶ月から数年間継続する可能性がある。冬季には融雪型火山泥流をもたらす場合も考えられる。溶岩流出または溶岩ドームの成長が停止したのち、数ヶ月から数年かけて活動が沈静化すると考えられる。

なお、気象庁が焼岳で火山性地震の連続観測を開始したのは2010年である。火山活動が静穏な状態から水蒸気噴火に至る際に、実際にどの程度の現象が捉えられるかは、近年の事例がないため詳細は不明である。観測開始以降、焼岳周辺で繰り返し発生した地震の多くは、海拔程度より深い基盤岩内で発生した構造性の地震と考えられる。しかし、山頂付近の観測網が充実した2017年頃から山頂付近浅部の微小な火山性地震も観測されるようになってきた。さらに、山頂付近を震源とする空振を伴う火山性地震が時々観測されている。これらの地震と同期して、山頂西側の黒谷火口から弱い噴気が上がる場合がある。今後、これらの火山性地震の発生

状況や、山体膨張を示す地殻変動、地熱地域の拡大等に着目して、噴火の規模を判断していくことになる。

3. 噴火警戒レベルの区分け

想定される噴火に伴う現象の影響範囲と山頂周辺の集客施設等の保全対象や山麓の居住地域の位置とともに噴火警戒レベルを以下のように区分けした。

①レベル1(活火山であることに留意)

噴気は弱い状態(概ね高さ 100m未満で経過)、火山性地震は少ない状態(1日平均数回程度)で山体の膨張はみられない等、火山活動は、静穏な状態。

レベル1の中でも静穏な状況からはずれ、噴気活動や地震活動等にわずかな高まりが認められることがある。このような火山活動がわずかに高まる変化がみられる場合、火山活動の高まりの状況に応じて「火山の状況に関する解説情報(臨時)」や「火山の状況に関する解説情報」を発表し注意を促す。

ただし、一般的に水蒸気噴火は前兆が乏しいため、明確な前兆なく噴火に至る場合もあり、静穏な状態から突発的に噴火が発生する可能性に留意する必要がある。

なお、焼岳の近傍においては、ときおり構造性の地震と推定される地震の発生がみられる。

また、想定火口内及び想定火口周辺の過去の活動火口や現在の噴気地帯の周辺で火山灰や泥の噴出はありえる。

②レベル2(火口周辺規制)

想定火口から概ね1km以内(想定火口の縁から1kmの範囲内)に影響する水蒸気噴火の発生、あるいは発生する可能性がある状態。

想定火口付近の浅部を震源とする火山性地震の増加、火山性微動の発生、噴気・熱活動の活発化など火山活動に高まりがみられる。また、想定火口内に影響する噴火が発生するなど活動に活発化が認められる状況。

③レベル3(入山規制)

想定火口から2km 以内(想定火口の縁から2kmの範囲内)に影響する水蒸気噴火の発生、あるいは発生する可能性がある状態。

さらなる地震活動の活発化(急増、規模の増大)、さらなる噴気活動の活発化、明瞭で急激な地殻変動を観測するなど、火山活動のさらなる活発化が認められる状況。また、想定火口から半径1km以内に影響が収まる噴火が複数回発生したり、噴火規模や影響範囲が拡大するなど、活動に活発化が認められる状況。もしくは、噴出物中に新鮮なマグマの状況を示唆する証拠が見つかりマグマ噴火へ移行する可能性がある状態。

④レベル4(避難準備)

溶岩流出あるいは溶岩ドームが形成される状態。火砕流、溶岩流、噴火に伴う融雪型火山泥流(積雪期)が居住地域まで到達するような噴火の発生が予想される状態。火砕流、溶岩流が発生し、噴火がさらに拡大し、居住地域まで到達すると予想される状態。

⑤レベル5(避難)

火山活動がさらに高まり、溶岩ドームの崩落による火砕流や溶岩流、噴火に伴う融雪型火山泥流(積雪期)が居住地域に切迫あるいは発生した場合。

4. 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

【レベル1】

(火山活動は静穏)

- ・弱い噴気活動(目安として噴煙の高さが概ね 100m未満で経過)
- ・火山性地震が少ない(目安として1日平均数回程度)
- ・山体の膨張を示す地殻変動は観測されていない

(火山活動に若干の高まりや異常が認められる)

火山活動や地震活動に変化がみられたり、山体のわずかな膨張が認められたりする。状況によっては、想定火口内の過去の活動火口や現在の噴気地帯の周辺で火山灰や泥の噴出等(この範囲に入った場合には生命の危険が及ぶ)が見られることがある。

【レベル1の解説】

通常の火山の状態は、地震の発生状況は、山頂付近の地震回数の計数を開始した 2017 年8月1日以降のデータから、噴気の活動状況は、2012 年 5 月 10 日の観測開始以降のデータから見積もっている。この状態から火山活動が活発化していき、今後、レベルを引き上げる可能性がある判断した場合、「火山の状況に関する解説情報(臨時)」を発表する。また、レベルを引き上げる可能性は低いが通常の火山活動を上回る状態となっていると判断した場合や、判定基準に記載されていない現象が発生するなど、火山活動の状況を伝える必要があると判断した場合、「火山の状況に関する解説情報」を発表し注意を促すようにする。

【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。

<想定火口から概ね1km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

①想定火口付近の浅部を震源とする火山性地震の増加

任意の 24 時間で 50 回以上又は 10 日間で 100 回以上

②下記の観測項目で複数項目が該当する場合

- ・上記の基準に達しない程度の浅部を震源とする火山性地震の増加
- ・想定火口付近の浅部の膨張を示す地殻変動
- ・火山性微動の発生
- ・噴気活動の活発化、噴気地帯の拡大や出現

<想定火口から概ね1km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>

③噴火が発生し、大きな噴石が想定火口から概ね1km 以内の範囲に飛散

(想定火口内に影響する程度の噴火を含む)

(引下げ基準)

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)

①御嶽山(1979年、2007年、2014年噴火)や霧島山(新燃岳)(2008年噴火)など他火山で、水蒸気噴火に先行して火山性地震の増加が観測された事例がある。このことから、想定火口付近の浅部を震源とする火山性地震が増加した場合、レベル2に引き上げる。

焼岳では、山頂付近の観測点整備により山頂付近の地震活動を観測できるようになり、2017年8月から山頂付近の地震回数計数を開始した。

地震回数については、この計数開始以降、2017年8月10日の24時間あたり35回が最多である。

この、2017年8月10日の地震活動を上回る地震回数として、任意の24時間で50回を目安とする。また、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を想定し、10日間で100回以上も判定の目安とする。

これらの火山性地震の震源は、山頂直下の海拔2km付近で発生していた。

なお、この地震活動のとき、空振を伴った浅部の低周波地震とともに、2012年5月10日観測開始後、噴気がみられていない黒谷火口で白色の噴気が確認されたため、火山活動の活発化へ移行しないか注視していたが、その後、2017年9月と2019年7月から10月にかけて同様の現象が23回発生したが、発生時の活動状況を見ると、この程度の活動ではすぐに噴火が発生する可能性は低いと考えられる(レベル1の範疇)。

また、焼岳の近傍においては、ときおり構造的な地震と推定される地震がまとまって発生している。このうち、東側(上高地側)での地震には、この地域ではあまり観測されない正断層の地震が含まれていたり(大見, 2018)、1962年の噴火の際には、20日前に上高地で、噴火10日前に平湯で、噴火1週間前には大正池で地震の記録(Yamada, 1962)があることから、焼岳の近傍の地震についても注意する必要がある。

②焼岳では、噴火に至るまでの活動の特性は十分に分かっていないことから、①の地震回数が目安の回数以下であっても、②に示した現象が複数項目観測された場合にはレベルを2に引き上げる。

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、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。

一般に火山活動が活発化した場合、地震活動の高まりの他、火山性微動が観測されることがある(例えば2018年草津白根山(白根山(湯釜付近)の活動)。また、雲仙岳では、観測開始以来初めて火山性微動を観測したのち、約3ヶ月後に噴火に至っている。このことからレベル上げを検討する項目として設定した。

火山性微動については、焼岳ではこれまで観測した経験がないことから、御嶽山の2014年9月27日の水蒸気噴火と同程度の噴火が発生した場合、どの程度の火山性微動が予想されるかを推定したところ、南峰南東観測点では10 μ m/s程度が期待される。

地殻変動については、深部から火山ガス等の火山性流体が上昇すると、想定火口付近の浅部の膨張が観測される可能性があることから、レベル上げを検討する項目として設定した。

噴気活動については、山頂付近、岩坪谷上部及び黒谷火口から高さ概ね 100m程度の噴気が観測されており、ときおり 200mの高さの噴気が観測されている。この噴気の高さよりも高い日が続くようであれば、浅部の熱活動が高まっている可能性がある。また、現在、噴気地帯や噴気孔の温度に大きな変化がみられていないことから、噴気地帯の拡大、新たなる出現がみられた場合は熱活動が高まっている可能性がある。

これらの項目が複数観測された場合、想定火口から概ね1km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火が発生する可能性があるため、レベル2に引き上げる。

- ③一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可能性がある。想定火口から概ね1km 程度の範囲まで大きな噴石が飛散する噴火(想定火口内に影響する程度の噴火を含む)が発生した場合、レベル2に引き上げる。

なお、小規模な水蒸気噴火の場合、山麓の監視カメラや火口カメラだけでは検知できない場合がある。この場合は、噴火が発生したと推定される明瞭な空振を伴うような爆発地震や噴火微動が発生すれば、大きな噴石が飛散したと推定しレベル2に引き上げる。

空振の基準については、桜島の小規模な爆発的噴火と同程度の噴火(東郡元で3Pa)が発生した場合、どの程度の空振値が予想されるかを推定したところ、中尾観測点と餌掛谷南観測点で6Pa 程度が期待される。

また、2016年の新潟焼山の事例で、現地での火山灰の発見情報や上空からの観測で判明することもあることから、現地での異常発見があれば火山活動が高まっていると考えレベルを上げる。

(解説:引下げ基準)

複数項目のすべてを含む上記の条件をすべて満たさなくなり、火山活動に低下が認められ、想定火口周辺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、焼岳は、連続観測開始からの期間が短いため、より具体的な項目や引下げまでの経過観察期間等を設定するには至っておらず(レベル3以上も同様)、引き続き観測データを蓄積していく。

【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。

<想定火口から概ね2km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①想定火口付近の浅部を震源とする火山性地震の急増、規模増大(レベル2よりも回数多あるいは規模大)
- ②想定火口付近の浅部の膨張を示す明瞭で急激な傾斜変動
- ③振幅の大きな火山性微動が連続的に発生、もしくは頻発
- ④浅部の低周波地震の多発
- ⑤噴気活動や噴気地帯の熱活動の更なる高まり(レベル2に該当する噴火がある中で)

- ⑥想定火口から概ね1km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の多発
- ⑦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
- <想定火口から概ね2km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>
- ⑧噴火が発生し、大きな噴石が想定火口から概ね1km を超え2kmまで飛散
- ⑨噴火が発生し、泥流の発生(その影響範囲が想定火口周辺に留まり、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。

<想定火口から概ね2km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①～④の各項目において、レベル2よりも規模の大きな地震活動や地殻変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。
なお、御嶽山の2014年9月27日の噴火前の事例から、南峰南東観測点で傾斜変動量を見積もった場合、明瞭な変動(約60 μ rad)があると考えられる。
- ⑤想定火口から概ね1km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火(レベル2該当する噴火)が発生している中で、さらに熱的な高まりが見られるような場合、より規模の大きな噴火が発生する可能性があるため、レベル3に引き上げる。
- ⑥想定火口から概ね1km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火(レベル2に該当する噴火)が複数回発生する、もしくは、噴火の影響範囲に拡大傾向が見える場合は、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。
- ⑦2011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。
- <想定火口から概ね2km 以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生>
- ⑧噴火により、想定火口から概ね1km を超え、概ね2km 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。
- ⑨1915年(大正4年)の噴火では、火口から流れ出した泥流が上高地方面に流下し、山頂から2.5km の梓川をせき止めて大正池を形成している。また、1925年(大正14年)の噴火では泥流が足洗谷を流下し、1962年(昭和37年)の噴火では火口から流れだした泥流が白水谷や峠沢を流れ下っている。これらのことから、焼岳では噴火による泥流が発生した場合、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、想定火口周辺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2に引き下げる。

(解説:引下げ基準)

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た場合は、レベルを引き下げる。

【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マグマの貫入を示唆する規模の大きな地震が多発
- ②マグマの上昇を示す顕著な地殻変動
- ③溶岩ドームの形成成長又は溶岩の出現位置によっては溶岩流出

(レベル5)

<居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫あるいは発生>

- ④溶岩ドームの崩落による火砕流、融雪型火山泥流(積雪期)の切迫あるいは発生
- ⑤居住地域に溶岩流が切迫

(引下げ基準)

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)

- ①②一般的に多量のマグマが上昇すると、規模の大きな地震(体を感じる地震)の多発や、地殻変動が観測される可能性がある。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、溶岩流出・溶岩ドームの形成→溶岩ドーム崩壊による火砕流の発生という形態の噴火を行う可能性が高いことから、レベル4に引き上げる。
- ③溶岩ドームが成長した場合、溶岩ドームの崩落による火砕流の発生や、溶岩の出現位置によっては溶岩流の発生が予想されることからレベル4に引き上げる。

なお、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。

- ④～⑤火砕流、溶岩流、融雪型火山泥流(積雪期)が火口から居住地域に向かって流下(切迫)している場合、あるいはそのような状況をもたらす噴火が切迫している場合はレベル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。

なお、焼岳火山防災基本図や焼岳火山防災避難計画(令和2年2月3日版)では、火砕流の避難対象地区は、蒲田川流域に発生した場合は、新穂高地区、中尾地区、神坂地区、栃尾地区、高原川流域に発生した場合は、平湯地区、福地地区、一重ヶ根地区、村上地区、柏当地区、梓川流域に発生した場合は、沢渡地区が対象となる。

融雪型火山泥流(積雪期)の避難対象地区は、蒲田川流域、高原川流域方面に発生した場合、火砕流の避難対象地区のほか今見地区、田頃家地区、蓼之俣地区、笹嶋地区が対象となる。

(解説:引下げ)

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見て、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。

以上で示した基準で判断するが、基準の対象とした現象以外が観測された場合や、観測データの解析による知見や新たな学術的知見が得られた場合は、それらを加味して評価を行った上でレベルを判断することもある。

また、焼岳では、噴火前に噴火発生場所を特定することが困難と考えられるため、レベル変更の際には、想定される噴火の影響範囲全域を警戒が必要な範囲とすることを基本とするが、今後当面想定される噴火の発生場所をある程度絞り込むことが可能な場合(例:噴火が一度発生し、その発生場所が特定された場合等)には、影響範囲を再設定し、警戒が必要な範囲の縮小を行うことがある。

5. 今後検討する課題

焼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。
- (3) 現状においては、噴火活動が始まるとすれば、想定火口の山頂付近(溶岩ドーム)で発生する可能性が高いと考えられるが、想定火口外で新たな火山活動が認められた場合には、その場所からの噴火発生も想定されることから、警戒範囲や判定基準を見直す必要がある。

参考文献

- Yamada, T. (1962) Report of the 1962 activity of Yakedake, Central Japan, Journal of Faculty of Liberal Arts and Science, Shinshu University, no.12, part 2, 47-68
- 大見士郎 (2018) : 2018 年 11 月下旬以降の焼岳火山近傍の地震活動について, 京都大学防災研究所年報 第 62 号 B
- 焼岳火山噴火緊急減災対策砂防計画検討会 (2011) : 平成 23 年度 焼岳火山噴火緊急減災対策砂防計画検討報告書
- 焼岳火山防災協議会 (2014) : 焼岳防災基本図 (平成 26 年 7 月 16 日協議会承認)
- 焼岳火山防災協議会 (2020) : 焼岳火山防災避難計画 (令和 2 年 2 月 3 日版)
- 気象庁 (2013) : 火山防災対策を検討するための焼岳の噴火シナリオ (平成 25 年 10 月版)
- 気象研究所・気象庁 (2016) : 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, 第 119 号, 72-75)