

弥陀ヶ原の噴火警戒レベル判定基準とその解説

1. 想定する噴火の様式、規模と現象

弥陀ヶ原火山では現在地獄谷で噴気活動が続いており、過去に噴気活動の活発化がみられたこともあった。地質調査により、過去1万年以内に水蒸気噴火が繰り返されてきたことがわかっているが（石崎, 2016, 2017）、有史以降噴火はほとんど確認されておらず、活動が高まった場合にどのように活動が推移するのか不明である。また、過去の噴火に伴う噴出物の影響範囲についても判明していないため、弥陀ヶ原火山防災協議会でまとめられた弥陀ヶ原火山ハザードマップを基に設定した。

既往の研究からわかっている過去の噴火活動の特徴を整理し、発生場所、噴火の様式、現象、及び規模を以下のように想定した。

① 噴火場所

過去1万年以内に発生した噴火は、地獄谷周辺や血ノ池地獄周辺などから発生している。このことから、地獄谷周辺や血ノ池地獄及びその周辺の称名火口や大谷火口群、リンドウ池を想定火口域とする（図1 青実線内）。その中でも地獄谷は活発な噴気活動がみられ、地獄谷地下浅部に火山ガスや熱水の存在が示唆されており（Seki et al., 2016）、噴気活動がない地域と比べ噴火が発生する可能性は高いと考えられる。

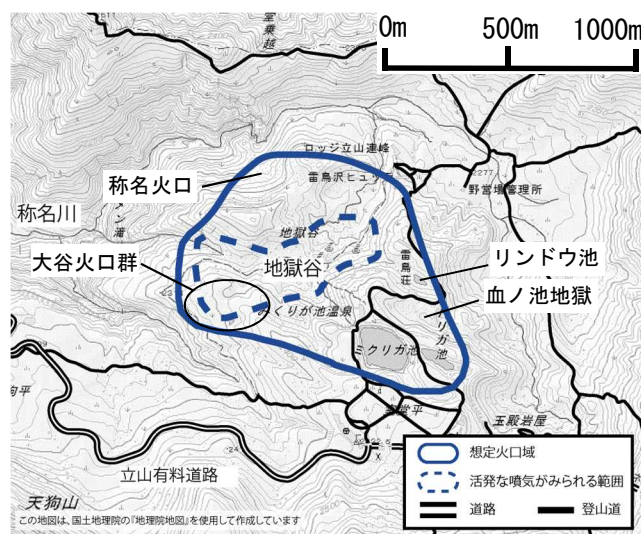


図1 想定火口域

② 噴火様式と規模及び現象、その影響範囲

過去1万年以内の噴火はいずれも水蒸気噴火であることから、今後発生する噴火についても水蒸気噴火を想定する。

また、弥陀ヶ原火山ハザードマップによると、過去1万年以内の噴火の噴出物量の総体積は数百万 m^3 と数万 m^3 に大別することができ、前者を大規模噴火、後者を小規模噴火としている。

噴火に伴う火山現象としては、噴出物量が数百万 m^3 の噴火では、噴火に伴い大きな噴石が飛散した他、火砕流・火砕サージも発生したと考えられている。一方、噴出物量が数万 m^3 の噴火では、主に火山灰を放出したことが確認されているが、大きな噴石が飛散した可能性もある。この他、弥陀ヶ原では、地獄谷地下浅部に火山ガスや熱水の存在が示唆されていることから、噴火時には、水や高温水が溢れ出ることで発生する火口噴出型泥流の可能性があり、積雪期に発生すると融雪型火山泥流も伴うことが予想される。

噴火に伴う火山現象の影響範囲については、弥陀ヶ原火山ハザードマップを踏襲する。

以上のことから、噴火様式と噴火に伴う火山現象、及びその影響範囲を下表のとおり想定した。

噴火様式	規模	噴火に伴う火山現象	噴火に伴う火山現象の影響範囲
水蒸気噴火	小規模噴火	大きな噴石	地獄谷から概ね1.5km以内の範囲
	大規模噴火	大きな噴石 火砕流・火砕サージ 火口噴出型泥流 融雪型火山泥流（積雪期）	居住地域に影響しない範囲 ※大きな噴石については、地獄谷から概ね2.5km以内の範囲
居住地域を含む広範囲 ※弥陀ヶ原火山ハザードマップの想定を大きく超えるような噴火が発生した場合			

- ・ 噴火に伴う火山現象は、噴火警報の対象とする現象について記述している。これらの現象以外に降灰後の降雨による土石流などは噴火警報で示す警戒が必要な範囲を越えて影響を及ぼす場合もあるので注意が必要である。
- ・ 風下側では火山灰や小さな噴石が遠方まで風に流されて降るため注意が必要である。
- ・ 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噴石とする。
- ・ ここでは過去の噴火履歴より水蒸気噴火のみを想定しているが、火山の状況に大きな変化があればマグマ噴火が発生する可能性もある。

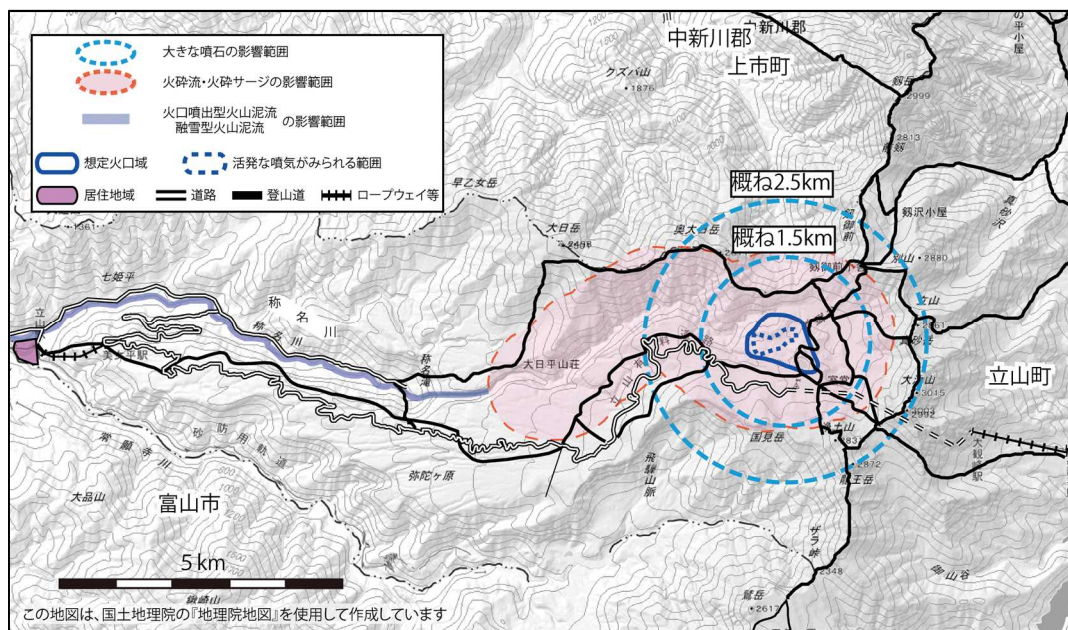


図2 弥陀ヶ原の想定火口域、噴火に伴う火山現象の影響範囲

2. 噴火警戒レベルの区分け

弥陀ヶ原は地獄谷で活発な噴気活動がみられる一方で、想定火口域内及びその周辺に登山道や宿泊施設があり、アクセスが容易であるため、多くの登山者や観光客が訪れる。このため噴出物の飛散が想定火口域内に留まる小さな噴火でも人的被害につながる可能性がある。このことを踏まえ、弥陀ヶ原の噴火警戒レベルは、直ちに生命に危険を及ぼす火山現象の影響範囲を検討した。

①レベル1（活火山であることに留意）

静穏な火山活動。火山性地震が時折発生、地獄谷で噴気活動、地熱活動がみられる。

②レベル2（火口周辺規制）

地震活動の高まり、少量の泥や火山灰の噴出等の噴気活動の活発化がみられ、想定火口域内に大きな噴石を飛散させる噴火が予想される。

③レベル3（入山規制）

レベル3では小規模噴火と大規模噴火の2つのケースを想定している。

大規模噴火では、地獄谷から概ね2.5km以内の範囲に大きな噴石が飛散する、居住地域に影響しない程度の火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流を伴う噴火が発生、または予想される。積雪期には、噴火に伴う火口噴出型泥流により、居住地域に影響しない程度の融雪型火山泥流が発生、または予想される。

小規模噴火では、地獄谷から概ね1.5kmの範囲に大きな噴石が飛散、または予想される。

④レベル4（避難準備）から5（避難）

居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される、もしくはそのような噴火

が切迫、発生した状態。

3. 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

弥陀ヶ原では、想定火口内に観光客等が立ち入る火山であるため、小規模な噴火であっても大きな災害に結び付く可能性が高く、安全サイドに立った噴火警戒レベルの判定が重要となる。

しかし、震動観測の開始が2011年と最近で、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、噴火に至るまでの過程が十分にわかっていない。そこで、過去に水蒸気噴火が発生し、その時の観測データが残っている2014年御嶽山、2018年霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）及び2018年草津白根山（本白根山）の噴火や2014年、2018年草津白根山（白根山（湯釜付近））の活動の高まりの事例を参考にし、噴火警戒レベルの判定基準を設定した。

【レベル2】

（判定基準）

<想定火口域内に大きな噴石が飛散するような噴火の可能性>

次のいずれかの現象が観測された場合

- ①想定火口域付近浅部での地震活動の高まり
- ②振幅の小さな火山性微動の多発
- ③泥、火山灰の噴出

（引き下げ基準）

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

（解説：判定基準）

<想定火口域内に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ① 広域地震観測網によると、弥陀ヶ原の周辺は構造性地震が多発する地域であることがわかっている。2018年の1年間に発生した弥陀ヶ原付近を震源とする地震は月合計5回以下で、全く地震が観測されない月もあり、地震活動は低調に経過している。このことから、地震活動が現在の状態を上回った場合に、火山活動が高まったと判断し、レベル2へ引き上げる。地震活動の高まりについては、日回数10回以上を目安とする。また、地震の短期的な増加だけでなく、日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。なお、弥陀ヶ原では、周辺の地震活動が時々みられるが、この地震によって想定火口域付近浅部で地震活動の高まりや低周波地震、火山性微動、噴気活動の活発化はみられていない。これらの地震は火山活動に直接関連しない地震と推定されることから、レベル引き上げの判断には用いない。

- ② 弥陀ヶ原ではこれまでに火山性微動を観測した経験がないが、一般に火山活動が高まった場合、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）。地獄谷浅部に火山ガスや熱水等の火山性流体の存在が示唆されている弥陀ヶ原でも、これらの活動度の高まりに対応して火山性微動が観測される可能性が考えられることから、火山性微動が多発した場合もレベル 2 に引き上げる。
- ③ 泥や火山灰の噴出が確認された場合、その後、大きな噴石を飛散させる噴火に至る可能性もあるため、レベル 2 へ引き上げる。なお、山麓の監視カメラで検知できなくても、発見者通報と振動記録での対応や、現地調査で噴出が確認された場合は、レベル 2 へ引き上げる。

（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視し、火山活動に低下が認められ、想定火口域内に大きな噴石を飛散させる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。

【レベル 3】

（判定基準）

次のいずれかの現象が観測された場合にレベル 3 に引き上げる。

<地獄谷から概ね 2.5km 以内の範囲に大きな噴石を飛散、または居住地域に影響しない程度の火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、積雪期に融雪型火山泥流を伴う噴火の可能性>

- ① 振幅の大きな火山性微動の発生
- ② 想定火口域付近浅部での地震活動の急激な高まり
- ③ 浅部の膨張を示す明瞭な地殻変動とともに想定火口域付近浅部での地震活動の高まり
- ④ 想定火口域内に大きな噴石が飛散するような噴火が発生

<地獄谷から概ね 2.5km 以内の範囲に噴石を飛散、または居住地域に影響しない程度の火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、積雪期に融雪型火山泥流を伴う噴火の発生>

- ⑤ 噴火が発生し、想定火口域を超え概ね 2.5km 以内の範囲に大きな噴石が飛散、居住地域に影響しない程度の火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、融雪型火山泥流（積雪期）が流下。

（引き下げ基準）

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

（解説：判定基準）

<地獄谷から概ね 2.5km 以内の範囲に大きな噴石を飛散、または居住地域に影響しない程

度の火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、積雪期に融雪型火山泥流を伴う噴火の可能性>

- ① 2014年御嶽山の水蒸気噴火や2018年草津白根山（本白根山）の水蒸気噴火では、噴火の発生直前から、傾斜変動を伴う振幅が大きな火山性微動が観測されている。このことから振幅の大きな火山性微動を観測した場合は、想定火口域を超えて影響を及ぼす噴火の可能性が考えられるので、速やかにレベルを3へ引き上げる。
- ② 弥陀ヶ原では、想定火口付近を震源とする火山性地震の観測事例が少なく、その活動の特性は十分に分かっていない。そのため、短時間にレベル2への引き上げ頻度を明らかに超える地震活動が観測された場合や振幅の大きな地震の多発、明瞭な低周波地震の増加がみられた場合に、レベル3へ引き上げることにする。なお、他火山の事例では、2018年霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）の水蒸気噴火や2014年御嶽山の噴火において、噴火前に火口付近浅部を震源とする火山性地震が活発化する現象がみられていた。
- ③ 2014年、2018年草津白根山（白根山（湯釜付近））の事例では、地震活動の高まりとともに、山体浅部の膨張を示す変化がみられていることから想定した。弥陀ヶ原では地獄谷地下浅部に火山ガスや熱水の存在が示唆されている。地震活動の高まりと山体浅部の膨張を示す変化が観測された場合、火山性流体の供給が増加していると考えられ、火山活動が更に高まったと判断し、レベルを3へ引き上げる。
- ④ 想定火口域内に大きな噴石が飛散する程度の噴火が発生した場合、その後、想定火口域を超えて大きな噴石が飛散する可能性も否定できないことから、噴火の更なる拡大の可能性を考慮してレベルを3へ引き上げる。これらの現象は山麓の監視カメラで検知できなくても、発見者通報と振動記録での対応や、現地調査で大きな噴石の飛散が確認された場合は、レベル3へ引き上げる。

<地獄谷から概ね2.5km以内の範囲に噴石を飛散、または居住地域に影響しない程度の火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、積雪期に融雪型火山泥流を伴う噴火の発生>

- ⑤ 噴火が発生し、想定火口域を超えて大きな噴石が飛散したことが認められた場合や火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、融雪型火山泥流（積雪期）の流下が認められた場合は、速やかにレベル3へ引き上げる。

（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視し、火山活動に低下が認められ、想定火口域を超えて影響が及ぶ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3における警戒が必要な範囲について>

弥陀ヶ原では、レベル3における警戒が必要な範囲は、大きな噴石については地獄谷から概ね2.5km以内の範囲、火砕流・火砕サージ、火口噴出型泥流、融雪型火山泥流（積雪期）

については、居住地域に影響しない程度の範囲を原則とする。ただし、噴火が発生し、現地調査等で噴火の影響範囲が概ね 1.5km 以内の範囲にとどまっていることが確認され、火山活動に更なる活発化が認められない場合は、警戒が必要な範囲を地獄谷から概ね 1.5 km 以内の範囲に縮小する。

また、レベル 3 に引き上げたが、噴火が発生せず、火山活動に低下傾向が認められる場合も、警戒が必要な範囲を地獄谷から概ね 1.5 km 以内の範囲に縮小し、火山活動の推移をみた上で、レベル 2 への引き下げを検討することとする。

【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 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が予想される場合

(レベル 5)

<居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生あるいは切迫>

② 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生あるいは切迫

(引き下げ基準)

上記の条件を満たさなくなり、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性が低くなつたと判断した場合、レベルを引き下げる。

(解説：判定基準)

①② 弥陀ヶ原では、居住地域は想定火口域から 10 km 以上離れており、弥陀ヶ原の過去 1 万年以内の噴火規模や他火山の事例を考慮して作成された弥陀ヶ原火山ハザードマップによると、火口噴出型泥流や融雪型火山泥流が居住地域に影響を及ぼす可能性は低いと想定されている。このため、過去 1 万年以内に発生した噴火の規模を大きく超えるような噴火が発生しない限り、居住地域に影響が及ぶ可能性は低いと考えられるが、過去 1 万年以内に発生した噴火の規模を大きく超えるような噴火の可能性、もしくは、噴火が発生、切迫していると判断した場合には、レベル 4～5 に引き上げる。

(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つたと判断した場合、レベルを引き下げる。

4. 今後検討する課題

以上示した判定基準は、現時点での知見や監視体制を踏まえたものであり、今後随時見直していくこととする。特に、以下の各課題に引き続き取り組み、判断基準の改善を進める必要がある。

- ・ 弥陀ヶ原は火山観測の歴史が浅く、噴火に至るまでの過程については不明な点が多い。そのため、判定基準は他火山の事例を参考にしたものが多く、定性的な表現にとどまっている。機動観測含め、観測事例を積み重ねることで、火山活動の理解を深め、判定基準をより精緻化していくことが重要である。
- ・ 火口近傍の観測データの活用等、新たな項目を判定基準に取り込む検討を継続していく必要がある。

参考資料

石崎泰男（2016）弥陀ヶ原火山の完新世噴火履歴解明。平成 27 年度富山県受託研究報告書，30p.

石崎泰男（2017）弥陀ヶ原火山の完新世噴火履歴解明。平成 28 年度富山県受託研究報告書，18p.

気象庁編（2013）日本活火山総覧（第 4 版），1502p.

原山 智・高橋 浩・中野 俊・苅谷愛彦・駒澤正夫（2000）立山地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所，218p.

Seki K, Kanda W, Tanbo T, Ohba T, Ogawa Y, Takakura S, Kenji N, Ushioda M, Suzukuni A, Saito Z, Matsunaga Y., Resistivity structure and geochemistry of the Jigokudani Valley hydrothermal system, Mt. Tateyama, Japan, J. Volcanol. Geotherm. Res., 325, 15-26, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2016.06.010, 2016.