

平成 19 年 12 月 1 日運用開始

平成 31 年 3 月 13 日現在

気 象 庁

霧島山（御鉢）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

御鉢は、霧島火山の中でも最も新しい火山のひとつであり、約 1,300 年前に高千穂峰の西斜面から噴火を開始して形成されたと考えられている。

過去の噴火履歴から、御鉢では、準プリニー式噴火、ブルカノ式噴火、水蒸気噴火の三つのタイプの噴火を想定した。

（1）西暦 788 年と 1235 年の準プリニー式噴火

筒井・他（2005）及び筒井・他（2007）によれば、御鉢では 5 回の準プリニー式噴火が発生している。

準プリニー式噴火でも規模の大きな噴火は、西暦 788 年の片添スコリア噴火と 1235 年の高原スコリア噴火がある。特に高原スコリア噴火は御鉢最大規模の噴火であり、大量のスコリアを噴出するとともに、火砕流も発生し火口縁から約 2 km まで流下した。なお、御鉢の山麓には 4 つの溶岩流が分布しているが、それらは 4 回の準プリニー式噴火に伴って流出したものである。

（2）16 世紀から 20 世紀のブルカノ式噴火等

1554 年から 1706 年までの活動については多数の噴火記録が残っており、噴火は数年から 20 数年間隔で繰り返された。

その後、明治・大正時代には、1880（明治 13）年から 1923（大正 12）年まで活発な噴火活動が続き、数ヶ月～数年間隔でブルカノ式噴火が発生した（筒井・他, 2005）。

大きな噴石は、主に火口から 2 km 以内に飛散したが、1895 年の噴火では、最大 2 m 程度の大きな噴石が火口から約 2 km（中岳付近）まで飛散した。

人的被害は 1895（明治 28）年、1896（明治 29）年、1900（明治 33）年、1923（大正 12）年の噴火で発生し、火口縁～山腹にいた登山者や狩猟者が死傷している。

一方、小さな噴石は火口から約 4 km、時には約 8 km の遠方まで降下した。1923 年の噴火を最後に噴火は発生していない。

（3）最近の活動

近年では、2000 年に地震が多発し、2003 年 12 月 13 日に御鉢火口内南側斜面に新しい噴気孔が出現した。これは、噴火には至らなかったものの、地下浅部で熱水変質した噴出物が報告されていることから、ごく小規模な水蒸気噴火に類する活動であったと考えられる。

なお、居住地域は、御鉢火口中心から南側 2.7km 付近の宮崎県都城市御池町が存在す

る。

以上の過去の火山活動の特徴と居住地域の位置に基づき、想定する噴火場所とその影響について、以下のとおり区分した。

①噴火場所：御鉢火口（直径約 500m、深さ約 200m）

②噴火の区分とその影響

噴火規模*	火山現象	警戒範囲
ごく小規模噴火	火山灰、小さな噴石	火口近傍
小規模噴火	上記に加え、 <u>大きな噴石</u> 、空振、 <u>小規模火砕流</u> 、降雨による土石流	火口中心から概ね 2.5km 以内
中規模噴火	上記に加え、 <u>溶岩流</u> 、 <u>火砕流</u>	火口中心から 2.5km を超え、概ね 4km 以内(火口南側約 3km に居住地域あり)
大規模噴火		火口中心から 4km を超える居住地域（火口南東側から南西側）

*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、火砕流等の到達する範囲（警戒範囲）を基準に設定している。

- ・御鉢では、明治から大正の活動期に大きな噴石が火口から約 2 km まで飛散した記録が多くみられる。一方で、火山防災マップ作成指針（平成 25 年 3 月、内閣府ほか）のブルカノ式噴火の最大飛散距離や、2011 年 2 月の霧島山（新燃岳）の爆発では、大きな噴石が 3.2km まで飛散したことを踏まえ、爆発で想定される大きな噴石の飛散距離は最大で火口中心から概ね 4 km とした。
- ・「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警戒範囲を超えて広範囲に降下することがある。大規模噴火では高温のまま警戒範囲を超えて到達することがある。空振も、警戒範囲を超えて広範囲に影響を及ぼす。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、上表に下線で示した現象）の危険が及ぶ範囲をもとに設定している。

2 火山活動の時間的な推移

噴火規模と噴火形態の関係性として、ごく小規模から小規模噴火は水蒸気噴火を、小規模噴火から中規模噴火はブルカノ式噴火を、中規模噴火から大規模噴火は準プリニー式噴火を想定した。

（1）準プリニー式噴火：中規模～大規模

準プリニー式噴火に至るまでの時間的な推移は、堆積物の解析による地質学的な研究成果によるのみである。噴火の初期には水蒸気噴火またはブルカノ式噴火が発生した事例が2例ある。準プリニー式噴火で比較的規模の大きな片添スコリア噴火（788年）、高原スコリア噴火（1235年）など3例では、水蒸気噴火やブルカノ式噴火を伴わず、いきなりスコリア（発泡したマグマ）が噴出する噴火様式であった。

これらのことから、水蒸気噴火またはブルカノ式噴火を経て準プリニー式噴火に至る活動推移と、これらの噴火が無く直ちに準プリニー式噴火が発生する2つの活動パターンが想定される。

（2）ブルカノ式噴火：小規模～中規模噴火

1880（明治23）年から1923（大正12）年にかけての一連の活動では、1880年の噴火の後、数年にわたる間に火口内での噴気活動の活発化と火口湖の形成がみられ、その後、火口湖の消滅とともに爆発が繰り返される活動形態に移行した。爆発の間隔は数ヶ月～2年程度であったが、1900年代に入ってから約9年おきと長くなり、火口底に溶岩が出現した。噴気活動の活発化、火口湖の消失、爆発を繰り返すブルカノ式噴火への移行、そして溶岩出現に至る一連の経過は、次第にマグマが火口底に向かって上昇する時間推移に対応していると考えられる。

その後、上述の一連の活動を最後に、御鉢では噴火は確認されていない。

（3）水蒸気噴火：ごく小規模～小規模噴火

地震計や傾斜計による近代的な火山観測によって捉えられた、表面現象を伴う火山活動の異常は、2003年12月12日の火山性微動の発生と、翌13日の火口内の南西側における新たな噴気孔の出現に限られる。この事例では、12日の火山性微動発生に対応して火口方向下がりの傾斜変動が観測され、この時に噴気孔が形成されたと考えられる。この一連の活動に先行して、2000年に火山性地震の一時的な活発化がみられ、2002年頃からは、火山性微動がそれまでより頻繁に観測されるようになっている。一方で、傾斜計やGNSS観測では、2003年の火山活動の異常に先行した明瞭な地殻変動は観測されていない。この活動では水蒸気噴火に至っていないが、水蒸気噴火へ至る場合はこれらの現象の更なる活発化が考えられる。

水蒸気噴火のレベル判定基準は、同じく浅部熱水系が関与した2003年12月の火山活動の異常（火山ガスの突発的な異常噴出と考えられる）の事例を参考に設定した。また、マグマが主体的に噴火に関与する準プリニー式噴火やブルカノ式噴火については、近代的な火山観測網による観測成果がある新燃岳など、他の火山の知見及び霧島火山防災検討委員会による火山防災マップも参考にレベル判定基準を設定した。



図1 霧島山（御鉢）の噴火警戒レベルと警戒範囲

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）

静穏な火山活動。火口内でわずかに噴気活動が認められる程度。火山性地震の発生も少なく、火山性微動も殆ど発生しない状態。

② レベル2（火口周辺規制）

火口中心から概ね1km以内に影響する小規模噴火の可能性、または発生した状態。噴気活動の高まりや熱異常域の拡大、火山性地震の増加、火山性微動の増加または振幅の増大、地殻変動に変化がみられるなど、火山活動が高まった状態。

③ レベル3（入山規制）

火口中心から概ね2.5km以内に影響する小規模噴火の可能性、または発生した状態。レベル2の現象に加え、より規模の大きな火山性地震の多発や火山性微動の発生、火口への溶岩上昇、あるいは地殻変動に明瞭な変化がみられるなど、活発な火山活動。

④ レベル4（高齢者等避難）～5（避難）

レベル3の現象から、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、規模の大きな地震（有感地震を含む）や多量のマグマ上昇を示す顕著な地殻変動等が観

測され、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性、もしくは切迫していると考えられる状態。

なお、このような中規模または大規模な噴火の場合、水蒸気噴火またはブルカノ式噴火を経て準プリニー式噴火に移行する場合と、水蒸気噴火等の前駆的な噴火を経ずに準プリニー式噴火が発生する場合の2つの可能性がある。

4 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

【レベル2】（警戒が必要な範囲は火口中心から1 km まで）

（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 火口周辺に影響を及ぼす噴火の可能性

次のいずれかが観測された場合

- ・火口直下を震源とする火山性地震の増加
 - 地震回数が50回以上／任意の24時間
- ・火山性微動の増加または規模の増大
 - 高千穂峰2観測点の上下動で、最大振幅250 μ m/s 以上
 - 最大振幅50 μ m/s 以上かつ継続時間10分以上
 - 継続時間の積算が20分以上／3日

上記の基準には達しない程度の火山性地震や火山性微動が発生、または山麓付近で地震が多発し、かつ火口内及び火口周辺で、以下のいずれかの現象があった場合

- ・噴気活動の高まり
- ・熱活動の高まり
- ・二酸化硫黄放出量の増加
- ・山体浅部の膨張を示す地殻変動（傾斜計、GNSS、干渉SAR解析）

② 火口周辺に影響を及ぼす噴火の発生

- ・火口中心から1 km 以内に大きな噴石飛散
- ・火口周辺に降灰する程度のごく小規模な噴火

（引き下げ基準）

当該レベルの現象が概ね1ヶ月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は、レベル1への引き下げを判断する。また、地殻変動を伴わない火山性地震や火山性微動の短期間の増加のみでレベルを引き上げた場合は、表面現象や地殻変動等の活動状況を監視した上でレベル引き下げを判断する。

ただし、平穏時に戻る傾向が明瞭であると判断してレベル1に引き下げた後に、地震回数等が増加傾向に転じた場合は、上記の基準に達していなくてもレベル2へ戻す。

(解説：引き上げ基準)

御鉢の判定基準の設定にあたっては、これまでの火山性地震や火山性微動の発生状況等を知見として、レベル 2 以上に判定できるよう、それぞれの項目の閾値を設定した。

2003 年 12 月 12 日に火山性微動を観測し、火口内での新たな噴出現象と火口縁を越える噴気が観測され、それ以降も時々、微動発生に伴い明らかに噴気量が増加する事例が確認された。いずれも降灰は観測されていないものの、微動発生に伴い火口内に新たな噴気孔を形成したり、明瞭に噴気量が増加したりする事例があることから、これらを噴火警戒レベル 2 相当の現象とし、判定基準を設定した。

2003 年 12 月 12 日のイベントの発生時に、振幅は大きくはないが、継続時間が約 40 分間の微動が観測された。また、このイベント 3 週間前には、3 日間の微動の継続時間合計が 20 分間を超えていた期間があった。以上のように、噴火発生時やその前には、継続時間が長い微動が認められる可能性があることから、3 日間で微動の継続時間合計 20 分以上をレベル 2 の閾値とした。

2004 年 1 月 3 日には、振幅がやや大きく（高千穂西観測点南北動 $30 \mu\text{m/s}$ （高千穂峰 2 観測点上下動 $50 \mu\text{m/s}$ 相当）、継続時間が約 55 分間の長い微動が発生し、微動発生直後に傾斜変動が観測され、噴気の勢いが一時的に増すイベントが発生した。このような振幅がある程度大きな微動であれば、継続時間が 2003 年 12 月 12 日のイベントより短くても、突発的な噴気の噴出現象が起きる可能性も考えられることから、高千穂峰 2 観測点上下動 $50 \mu\text{m/s}$ 以上で継続時間 10 分以上の微動発生をレベル 2 の閾値とした。

さらにこの後、2004 年 3 月 26 日に、非常に振幅の大きな微動（高千穂西観測点南北動スケールオーバー、高千穂峰観測点上下動（現在は廃止） $500 \mu\text{m/s}$ 以上（高千穂峰 2 観測点上下動 $250 \mu\text{m/s}$ 以上相当）が発生し、微動発生直後に傾斜変動が観測され、噴気の勢いが一時的に増すイベントが発生した。このような非常に大きな振幅の微動であれば、継続時間に関わらず突発的な噴気の噴出現象が起きる可能性も考えられることから、高千穂峰 2 観測点上下動 $250 \mu\text{m/s}$ 以上の微動発生をレベル 2 の閾値とした。

また、火山性地震は、2000 年前半に、日回数 50 回を超える地震が時々観測されており、それ以降、火山性微動が発生するようになるなど、火山活動の高まりが認められた。御嶽山等では噴火前に地震活動の高まりが認められている事例があることから、御鉢についても 2000 年前半の地震が多かった期間の日回数を参考に閾値を設定した。

なお、2018 年 2 月 9 日に 82 回、2 月 14 日に 84 回の火山性地震を観測しているが、いずれも御鉢火口南西側の山麓を震源としており、他の観測データでは火山活動の高まりは認められなかった。このことから、火口直下以外を震源とする地震については、他の観測データ（火口内の噴気活動や熱活動の高まり、二酸化硫黄放出量の増加、山体の浅い場所の膨張を示す地殻変動（傾斜計、GNSS、干渉 SAR 解析）で火山活動の高まりが認められた場合にレベル 2 に引き上げることとする。

近年、箱根山（2001 年及び 2015 年）や、霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）（2016 年以降）において、地震や微動活動の活発化とともに噴気や熱異常域の拡大が認められている。

御鉢においても、2000 年頃から地震や微動活動が活発化し、火口内の噴気域や熱異常域の拡大が観測されたことから、箱根山や霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）の判定基準を参考に、基準に達しない程度の地震の増加や微動の発生がみられた場合でも、他の観測データ（火口内及び火口周辺の噴気活動や熱活動の高まり、二酸化硫黄放出量の増加、山体膨張を示す地殻変動（傾斜計、GNSS、干渉 SAR 解析））で火山活動の高まりが認められた場合にレベル 2 に引き上げることとする。

なお、レベル 2 相当の活動では、地殻変動が明瞭に現れない可能性も考慮する必要がある。

（解説：引き下げ基準）

レベル 1 への引き下げについては、レベル引き上げの各判定基準を下回った場合を目安とするが、新燃岳等の他火山を参考に、当該レベル引き上げの判定基準を下回った後、約 1 ヶ月間は活動の状況を監視する。また、2018 年 2 月のような地殻変動を伴わない火口直下以外を震源とする地震や火山性微動の一時的な増加の場合は、噴気等の表面現象の状況を監視したうえで、活動に変化がみられない場合は、レベル 1 への引き下げを検討する。

ただし、平穏時に戻る傾向が明瞭であると判断してレベル 1 に引き下げた後に、地震回数等が増加傾向に転じた場合は、上記のレベル 2 の基準に達していなくてもレベル 2 へ戻す。

【レベル 3】

（判定基準）

レベル 2 またはレベル 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 3 へ引き上げる。

①居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす噴火の可能性

次のいずれかが観測された場合

・噴火の拡大傾向

- 噴出物に新鮮なマグマ物質が多く含まれる
- 二酸化硫黄放出量の急激な増加

・大きな火山性微動の発生（レベル 2 の基準よりも規模大、あるいは継続時間が長い）

・火山性地震の急増（レベル 2 の基準よりも回数多）

・山体の膨張を示す明瞭な地殻変動（レベル 2 よりも規模大を示す地殻変動）

- ・火山性地震の増加及び地殻変動を伴った場合に高千穂河原観測点の空振計で 60Pa 以上を観測

②居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす噴火が発生

- ・火口中心から 1 km を超え 2.5km 以内に大きな噴石飛散
- ・天候不良等により火口が見えない場合、高千穂河原観測点の空振計で 150Pa 以上を観測

(引き下げ基準)

当該レベル引き上げの各判定基準を下回った場合、活動状況に応じて速やかに警戒範囲を火口中心から 2 km に縮小する。

その後、約 1 ヶ月間、各種観測データに低下傾向がみられれば、レベル引き下げを検討する。

いずれの場合も必要に応じて火山噴火予知連絡会での検討結果も踏まえて判断する。

(解説：引き上げ基準)

御鉢火口浅部へ多くの火山性流体（火山ガス等）が上昇することで、レベル 2 の影響範囲（火口中心から 1 km 以内）を超える噴火（水蒸気噴火）の可能性が考えられる。その際は、レベル 2 の判定基準よりも規模の大きな火山性地震や火山性微動の発生が考えられ、火山性微動は継続時間が長いものも考えられる。また、火山性流体の量が多い場合は、火山性地震等に加え、GNSS や傾斜計等で明瞭な山体膨張が現れる可能性がある。

また、マグマ自体が火口浅部へ上昇する場合も考えられ、二酸化硫黄放出量の急激な増加や、噴火が発生した際の火山灰等の噴出物に新鮮なマグマ物質が含まれる可能性がある。その場合は、水蒸気噴火だけではなく、マグマが関与するブルカノ式噴火や準プリニー式噴火などの噴火形態や噴火規模の拡大も検討する必要がある。

空振の基準に関しては、平成 26 年 3 月に公表された火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会報告書「噴火現象の即時的な把握手法について」で、弾道を描いて飛散する大きな噴石の到達距離の予測手法の検討が行われている。大きな噴石の到達距離の空振による推定で、十勝岳、浅間山、阿蘇山、新燃岳の事例から求められた、噴石の最大到達距離の予測計算式を元に、御鉢火口から噴石が 2 km 飛散したと想定した場合、火口中心から約 1.2km に設置している高千穂河原観測点の空振の値を算出すると、約 150Pa の閾値が求められたことから、天候不良等により火口及び火口周辺が見えない場合における空振の値として 150Pa を閾値として、今後とも同規模の噴火が予想されるためレベル 3 に引き上げることとする。また、噴火の前に地震が増加し山体隆起の地殻変動を伴っている場合には、今後、大きな噴石を飛散する噴火が発生

する可能性が考えられることから、高千穂河原観測点で 60Pa(湯之野観測点で 20Pa)を観測した場合、今後、居住地域の近くまで影響を及ぼす噴火の可能性があるのでレベル 3 に引き上げることとする。

(解説：引き下げ基準)

噴火活動により、居住地域近くまで影響を及ぼす可能性があると判断してレベルを引き上げたが、火口周辺に影響を及ぼす程度の噴火でおさまり、その後、噴火が発生せず、レベル 3 に該当する活動が約 1 ヶ月間みられなくなった場合は、レベル引き下げの検討を行う。

また、居住地域近くまで影響を及ぼす噴火が発生し、その後、噴火が発生なくなる、または噴火活動が火口周辺に影響を及ぼす程度の噴火活動のみとなり、火山性地震や火山性微動などの発生状況も次第に低調になり、地殻変動にも活動の低下傾向がみられる場合には、活動状況を検討した後、警戒範囲を縮小して活動の推移を監視する。

【レベル 4】

(判定基準)

居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性

次のいずれかが観測された場合

- ・噴火の拡大傾向
 - 火口中心から 2.5km 付近に大きな噴石飛散
 - 居住地域近くまで火砕流、溶岩流が到達
- ・山体内で規模の大きな地震（有感地震を含む）が多発
- ・多量のマグマ上昇を示す顕著な地殻変動

【レベル 5】

(判定基準)

居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫または発生

- ・火口中心から 2.5km を超え大きな噴石飛散
- ・火砕流、溶岩流が居住地域に切迫または到達

(レベル 4、レベル 5 の引き下げ基準)

レベル 4 及びレベル 5 の各レベルに該当する現象が観測されなくなった場合には、活動状況を勘案しながら、必要に応じて火山噴火予知連絡会での検討結果も踏まえて判断する。

(解説：レベル4、レベル5への引き上げ基準)

マグマが火口浅部に上昇し、急激な地殻変動や火山性地震または火山性微動の急増及び振幅の増大がみられ、マグマが関与する大規模な噴火の可能性がある場合や、噴火活動の更なる拡大傾向がみられ、大きな噴石が火口中心から **2.5 km** 付近に飛散した場合や火砕流、溶岩流が火口中心から **2.5km** を超え居住地域近くまで到達する可能性がある場合や到達した場合は、レベル4へ引き上げる。

また、噴火に伴う大きな噴石が火口中心から **2.5km** を超える噴火が発生した場合や、火砕流、溶岩流が火口中心から **2.5km** を超え居住地域まで到達する噴火が切迫している場合や到達した場合は、レベル5へ引き上げる。

(解説：レベル4、レベル5の引き下げ基準)

レベル4及びレベル5からレベル3への引き下げについては、レベル引き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、レベル引き上げの判定基準を下回った後も活動の状況を監視し、火山活動の低下を確認した上で、必要に応じて火山噴火予知連絡会での検討会等の検討結果も参考にしながら、居住地域への影響を再評価した上で判断することとする。

5 今後検討すべき課題

以上示した判定基準は、現時点での知見に基づいた内容で作成しているが、現在のような監視体制での観測データがほとんど無いことから、今後随時見直していくこととする。

また、御鉢及び御鉢周辺の火山活動や内部構造の研究と観測データに基づく新たな知見が得られれば、それを積極的に取り入れて判定基準等の改善を図る必要があり、これらの課題について引き続き取り組む必要がある。