

令和3年3月30日運用開始  
令和3年3月30日現在  
気 象 庁

## 霧島山（大幡池）の噴火警戒レベル判定基準とその解説

### 1 想定火口及び噴火の区分と影響範囲

霧島山は、宮崎・鹿児島県境に位置する加久藤（かくとう）カルデラの南縁部に生じた玄武岩・安山岩からなる小型の成層火山・火砕丘等の集まりであり、20 を超える火山体が識別できる（図1）。

霧島山（大幡池）では、過去1万年間に水蒸気噴火およびマグマ噴火が複数回発生している（筒井・小林（2008））。確認されている噴火場所はいずれも大幡山で、多くは噴火によって山体周辺に火砕物を降下させており、マグマ噴火に伴って溶岩流出も発生している。ただし、有史以降は噴火活動の記録がなく、地質調査から知られている噴火は最新の活動でも6,000年以上前と古い。

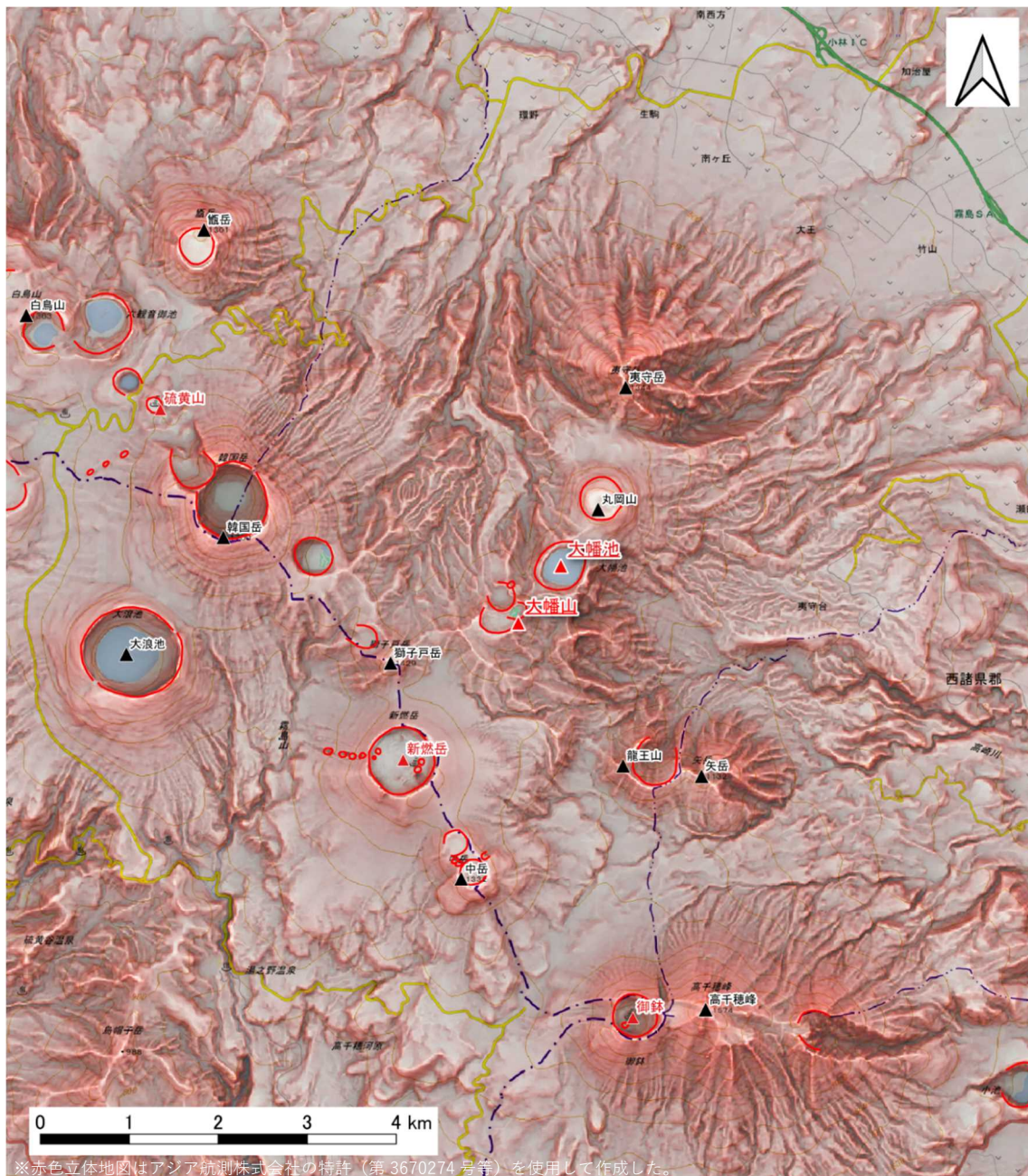
現在、大幡池の湖底からは火山ガスの噴出がみられており、なんらかの地熱活動が継続していると考えられる（鍵山・他（2017））。また、地下構造探査の結果（例えば、鍵山・他（1997））から、新燃岳周辺同様に地下水及び熱水の関与がある噴火が想定される。これらのことを踏まえ、噴火場所などを以下のように想定した。

#### ① 噴火場所

現在、湖底から火山ガスの噴出が認められる大幡池（大幡池の中心から半径300mの範囲）を想定火口とする。また、最新の噴火活動が確認されている大幡山（大幡山三角点の北西約400mから半径200mの範囲）についても同様に想定火口とする（図2）。

#### ② 噴火の区分とその影響範囲

噴火をその影響範囲によって表1のように区分した。なお、大幡池の火口湖に水が溜まった状態で火口壁が崩壊するような噴火が発生した場合、火口湖決壊型火山泥流が発生する可能性もある。



※赤色立体地図はアジア航測株式会社の特許（第3670274号）を使用して作成した。

図1 霧島山主要部の地形図（地理院地図及び赤色立体地図）

赤線は火口地形(霧島火山地質図、産業技術総合研究所 HP のデータ)を示す。

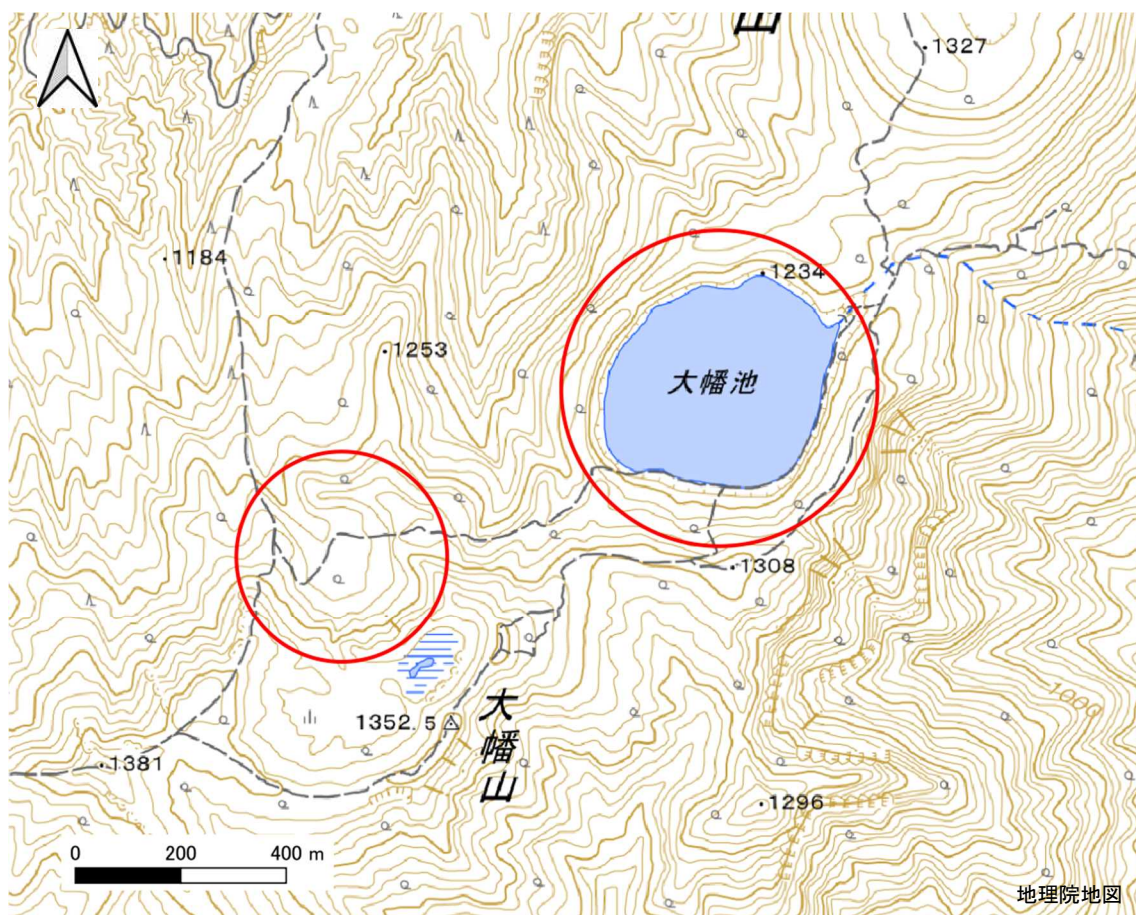


図2 想定火口（大幡池の中心から半径 300m の範囲及び大幡山三角点の北西約 400m から半径 200mの範囲：図中赤円）

※大幡池火口湖以外の地点から噴火した場合には、噴火警報の見出し及び本文に、噴火地点及び大幡池以外からの噴火であること、想定される現象や警戒が必要な範囲を示したうえで、居住地域に影響しない場合は噴火警戒レベル2または3、居住地域に影響する場合は噴火警戒レベル4または5で発表することとする。

表1 噴火の区分とその影響

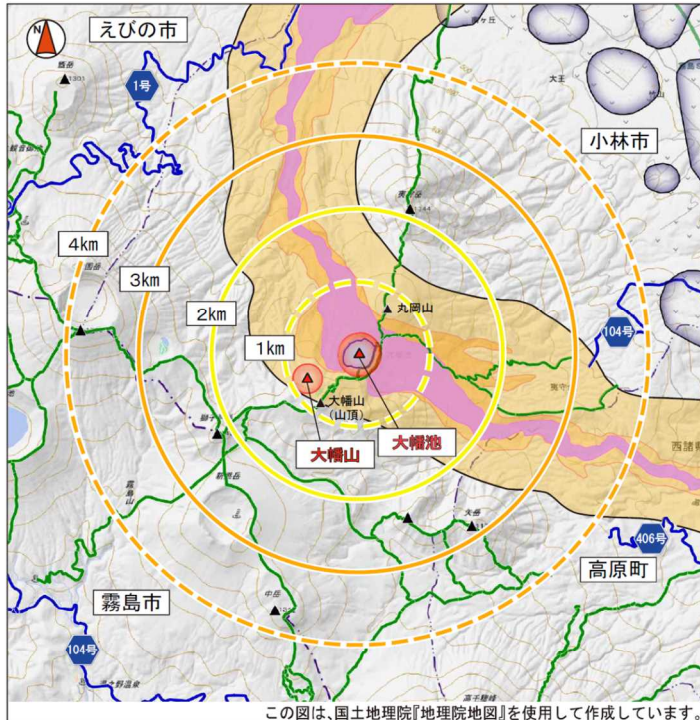
噴火様式	噴火区分	噴火に伴う現象 <sup>※1</sup>	警戒が必要な範囲 <sup>※2</sup>
水蒸気噴火	ごく小	大きな噴石の飛散、降灰	火口から概ね 1km 以内の範囲 (大きな噴石)
	小	大きな噴石の飛散、 <u>火砕流 (低温の場合もある)</u> 、降灰	火口から概ね 2km 以内の範囲 (大きな噴石)
マグマ噴火	中	大きな噴石の飛散、 <u>火砕流</u> 、 <u>溶岩流</u> 、空気振動、降灰	居住地域の近くまでの範囲 (大きな噴石は火口から概ね 3km 以内)
		大きな噴石の飛散、 <u>火砕流</u> 、 <u>溶岩流</u> 、空気振動、降灰	居住地域の近くまでの範囲 (大きな噴石は火口から概ね 4km 以内)
	大	大きな噴石の飛散、 <u>火砕流</u> 、 <u>溶岩流</u> 、空気振動、降灰	居住地域までの範囲 (火砕流、溶岩流は火口から概ね 4km 以上、大きな噴石は火口から概ね 4km 以内)

※1 上記の他、噴火発生時に火口壁崩壊と湖水の流出が生じた場合、火口湖決壊型火山泥流が発生する可能性がある。また、噴出物の堆積後に、降雨によって土石流が発生する可能性がある。

※2 警戒が必要な範囲は、大幡池の中心からの距離を示している。

- 噴火区分の表現は、火山学的な噴火の規模（噴出物量）とは異なり、大きな噴石、火砕流や溶岩流の到達する範囲（警戒が必要な範囲）を基準としている。
- 「大きな噴石」とは、概ね 20～30cm 以上の、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り、大規模噴火では高温のまま影響範囲を超えて到達することがある。空気振動も、影響範囲を超えて広範囲に影響を及ぼす。火砕流は、発生を繰り返すうちに谷地形を埋めて土地を平滑化するため、同規模の火砕流が発生しても流下距離が延びる傾向にある。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。
- 警戒の必要な範囲は、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（表 1 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。

■霧島山(大幡池) 噴火警戒レベルと防災対応



【地図の説明】

- ▲ 火口中心 ○ 火口 □ 居住地域
- 登山道 — 一般道(県道) - - - 境界線

警戒が必要な範囲(規制範囲)

■図中の大幡池火口を中心とした同心円は、霧島山(大幡池)付近で噴火した場合の噴火警戒レベル2(火口周辺規制)及び3(入山規制)の規制範囲を示しています。

※大幡山火口からの噴火の場合は、同様に大幡山を中心とした同心円の警戒範囲となります。

■レベル2及びレベル3は、火山活動の状況に応じて規制範囲が変わります。

- レベル2：○(大幡池火口から概ね2km)  
○(大幡池火口から概ね1km)
- レベル3：○(大幡池火口から概ね3km)  
○(大幡池火口から概ね4km)

■居住地域まで影響が及ぶ場合はレベル4(避難準備)、5(避難)となります。

想定する噴火現象の影響範囲(推定)

- 火砕流 ■ 火砕サージ
- 溶岩流 ■ 大きな噴石の飛散(火口から概ね4km)

●溶岩流、火砕流及び火砕サージの予測図は、霧島火山防災検討委員会(平成19年度)による火山災害予測図検討分科会の成果に基づいています。

●火砕流及び火砕サージの影響範囲は、新燃岳における過去最大規模の噴火実績(1716～1717年)を参考に、大幡池から同規模の噴火があった場合を想定した数値シミュレーションの結果です。

この図は、国土地理院『地理院地図』を使用して作成しています。

●噴火警戒レベルに応じて、下記のような防災対応がとられています。

- レベル5(避難): 危険な居住地域からの避難。
- レベル4(避難準備): 警戒が必要な居住地域での避難準備。要配慮者は避難等。
- レベル3(入山規制): 火口から居住地域近くまでの立入禁止。  
(規制範囲は火口から概ね3km○、火山活動の状況により概ね4km○。)
- レベル2(火口周辺規制): 火口から概ね2km以内○、火山活動の状況により概ね1km以内○への立入規制。
- レベル1(活火山であることを留意): 状況に応じて火口内への立入規制等。

※地図中では例として、大幡池中心からの同心円を記載

- この図は、地元自治体と調整して作成しています。
- 「火口」とは、大幡池の中心から半径300mの範囲及び大幡山三角点(大幡山山頂)の北西約400mから半径200mの範囲を指します。
- 各レベルにおける具体的な規制範囲等については、地域防災計画等で定められていますので、詳細については宮崎県、小林市、えびの市、高原町、鹿児島県及び霧島市にお問い合わせください。



現在の噴火警戒レベルを確認

図3 霧島山(大幡池)の噴火警戒レベルと影響範囲

## 2 火山活動の時間的な推移

霧島山（大幡池）では、大幡山において過去1万年間に水蒸気噴火およびマグマ噴火が複数回発生している（筒井・小林（2008））が、噴火活動に関する詳細は不明である。長い静穏期後に活動を再開した火山では、「水蒸気噴火の発生で終息する活動」と、「水蒸気噴火から本格的なマグマ噴火に至る活動」が認められている。霧島山（大幡池）においても同様の噴火活動が発生する可能性が高いと考え、水蒸気噴火で終了する活動と、水蒸気噴火から本格的なマグマ噴火へ至る活動の2パターンを考えた。

## 3 噴火警戒レベルの区分け

想定される噴火に伴って発生する現象の影響範囲と、大幡池周辺の集客施設等の保全対象および山麓の居住地域の位置をもとに、噴火警戒レベル（以下、レベルと記す）の各レベルに対応する火山活動の状態を以下のように区分けした。図3に噴火警戒レベルと影響範囲を示す。

### ① レベル1（活火山であることに留意）

平常時においては、火山活動は静穏。深さ数kmのやや深部を震源とする火山性地震が時折発生する程度。大幡池の湖底からは火山ガスの噴出が認められる。

活動移行期には、火山性地震の増加が認められる。また、こうした活動の変化とともに、GNSSで霧島山の深い場所での膨張と考えられる基線長の伸びの変化がみられる可能性がある。

### ② レベル2（火口周辺規制）

火口から2km程度まで噴石を飛散させる水蒸気噴火が発生する可能性がある状態、または発生した場合。噴火が発生する可能性がある場合として、大幡池や大幡山付近を震源とする火山性地震の増加や火山性微動の発生、火山ガス（噴気）の増加や新たな地熱域が出現するなど熱活動の高まり、山体浅部の膨張を示す地殻変動等の現象がみられ、火山活動が高まった状態である。

### ③ レベル3（入山規制）

火口から概ね2km以上に影響を及ぼすマグマ噴火が発生する可能性がある状態、または発生した場合。噴火が発生する可能性がある場合として、火口付近を震源とする低周波地震が多発したり、山体膨張を示す急速な地殻変動が観測されたりする。また、火口から概ね4kmまでの大きな噴石の飛散もしくは3km付近までの火砕流または4km付近までの溶岩流の発生が観測される噴火が発生した場合。

### ④ レベル4（避難準備）～レベル5（避難）

火砕流や溶岩流が居住地まで到達する可能性がある状態、または火砕流や溶岩流の居住地への到達が切迫もしくは発生した場合。すなわち、山体膨張を伴い体を感じる火山性地震の増加や、火口から概ね3kmを超える火砕流が発生、または溶岩流が居住地付近に

到達したなどの場合。

#### 4 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

霧島山（大幡池）では、2018年6月にえびの岳付近直下のマグマだまりの膨張を伴う中で大幡山付近において火山性地震の増加が観測されたことがあるが、噴火には至らなかった。このように、霧島山（大幡池）では火山活動の事例に乏しいため、噴火警戒レベル判定基準の作成にあたっては、新燃岳等他の火山の活動事例や火山学的知見を参考にした。

なお、レベルの引上げ基準に達しない程度の火山活動の高まりや変化が認められた場合（例えばレベル1の状況において、レベル2の基準に達しない程度の火山性地震の増加のみみられる場合等）などには、「火山の状況に関する解説情報」で火山の活動状況や警戒事項をお知らせする。

##### [レベル1]

###### 《レベル1の火山活動の状況》

###### 【火山活動は静穏】

- 火口内において火山ガスの噴出が認められる。火山性地震は1日平均数回以下で推移する。

###### 【火山活動に若干の高まりや異常が認められる】

- 地震活動に、回数が増加する等の変化がみられる。また、こうした活動の変化とともに、GNSSで霧島山の深い場所での膨張と考えられる基線長の伸びの変化がみられる可能性がある。

###### 《解説》

通常の火山性地震の発生状況は、新燃岳の噴火に伴い霧島山の地震観測点が増強された2011年4月1日以降のデータから見積もっている。

## [レベル2]

### 《引上げ基準》

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2 km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

- 火口付近を震源とする火山性地震の多発（目安：100回以上/24時間）
- 上記の基準に達しない程度の火山性地震の増加がみられる中で、次のいずれかが観測された場合
  - 火山性微動が発生
  - 近傍の傾斜計で山体膨張を示す地殻変動を観測
  - 火山ガス（二酸化硫黄を含まない場合もある）放出量の増加
  - 新たな地熱域の出現

#### 【火口から概ね2 km 以内に影響を及ぼす噴火が発生】

- 火口周辺に降灰する程度の微小な噴火を含め、火口から概ね2 km 以内に大きな噴石が飛散する噴火が発生
- 火口近傍（火口から概ね1 km 以内）に達する火砕流が発生
- 顕著な空振を伴う火山性微動が発生（天候不良時）

#### 【火口から概ね1 km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

- 火山性地震の増加が認められない中で、火山ガス（二酸化硫黄を含まない場合もある）放出量の増加、新たな地熱域の出現が観測された場合

### 《解説》

霧島山（大幡池）では噴火に前駆する現象の観測記録はない。火山学的知見に基づくと、山体のごく浅部へマグマあるいはマグマから分離した高温の火山ガス等（以下、「マグマ等」という）が上昇し、帯水層が加熱される等が起これると、水蒸気噴火の可能性が高まる。そうした状態になった場合に観測されると考えられる現象を、新燃岳の活動履歴を参考にして設定した。

#### 【火口から概ね2 km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

山体直下へのマグマ等の移動と、それによる山体内での熱活動の活発化を示唆する現象を想定した。レベル2への引上げでは警戒が必要な範囲を火口中心から2 km とし、その他のデータも含めて経過を見ることとする。

地下の構造が類似していると考えられる新燃岳においては、1991年の噴火や2008年8月や2017年10月の噴火前に短期的な火山性地震の増加が観測されている（図4）。この時に観測された地震回数を参考にして、火山性地震の回数だけの基準として100回/24時間



を設定した。なお、地震回数によるレベル2への引上げ基準においては、火口付近浅部の地震を対象とし、主に大幡池の北東側から東側にかけて分布する深さ約6 km以深の構造性の地震は含まないものとする。なお、2018年3月～8月頃に大幡山付近の深さ1～4 km付近にかけてみられた地震活動の活発化は、2018年3月に新燃岳の溶岩流出を伴う噴火が発生した後、えびの岳付近の地下のマグマだまりの膨張が認められる中で発生した。

上記の基準に達しない程度の火山性地震の増加がみられる中において、火山性微動が発生した場合は、山体の地下浅部へのマグマ等の上昇や、山体地下での熱活動の活発化に伴って発生している可能性があることからレベルを2へ引き上げる。また、同様の状況において山体の地下浅部へマグマ等が上昇・蓄積し、またそうした流体が帯水層に接触することで、浅部の膨張を示す地殻変動が観測される可能性があることから、近傍の傾斜計で山体膨張を示す地殻変動を観測した場合、レベルを2へ引き上げる。その他、山体の地下浅部へマグマ等が上昇することで、火山ガス（二酸化硫黄を含まない場合もある）の増加や地熱域の発生・拡大等、熱活動が活発化すると噴火の可能性があることからレベルを2に引き上げる。

#### 【火口から概ね2 km以内に影響を及ぼす噴火が発生】

一般的に突発的な噴火は完全に予測できるものではなく、火口周辺に影響するような小規模な噴火が発生すれば、レベルを2へ引き上げる。火口周辺に降灰する程度の微小な噴火を含め、火口から概ね2 km以内に大きな噴石が飛散する噴火が発生した場合、または火口近傍（火口から概ね1 km以内）に達する火砕流が発生した場合は、速やかにレベルを2へ引き上げて警戒が必要な範囲を火口中心から概ね2 kmとし、その他のデータも含めて経過を見ることとする。また、多くの火山で、噴火に伴い、空振を伴う明瞭な火山性微動が観測されることがある。天候不良等により噴煙が確認できない中で、そうした火山性微動を観測した場合は、噴火が発生した可能性を考慮し速やかにレベルを2へ引き上げる。

#### 【火口から概ね1 km以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

火山性地震の増加が認められない中で、火山ガス（二酸化硫黄を含まない場合もある）放出量の増加や、新たな地熱域が出現する状況は、山体の地下浅部へマグマ等が上昇している可能性を示しており、そのような状況では、火口近傍に影響する程度の噴火が発生する可能性があることから、速やかにレベルを2へ引き上げて警戒が必要な範囲を火口中心から概ね1 kmとし、その他のデータも含めて経過を見ることとする。

なお、火山ガス放出量の増加や地熱域の出現に関する判断は、監視カメラや現地調査、発見者通報等において、霧島山（大幡池）の想定火口内において火山ガス放出量や地熱の高まりを示すと考えられる以下のような現象を確認した場合とする。

- 新たな噴気の出現
- 湖底からの気泡湧出量の増加に伴う湖面の盛り上がり
- 湖底からの気泡湧出量の増加に伴う湖底堆積物の攪乱による湖水の濁り

- 土砂噴出
- 新たな地熱域の出現（面積や温度によらず）
- 湖水温度の明瞭な上昇

#### 《引下げ基準》

火口から概ね 2 km 以内に影響を及ぼす噴火が発生した後、火口から概ね 1km を超えて影響する噴火がなく、火山活動の活発化が 1 か月間程度認められない場合は、警戒が必要な範囲を 1 km へ縮小する。

レベル 2 への引上げ基準に該当する現象が概ね 2 ヶ月間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、火山活動を評価して、レベル 1 への引下げを判断する。なお、24 時間の地震回数のみでレベル 2 へ引き上げた場合は、概ね 1 ヶ月間みられなくなればレベル 1 に引き下げる。

#### 《解説》

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、レベル上げの判定基準を下回った後も、しばらくの間は活動の状況を監視する。火山性地震の一時的な高まりの場合には、他の火山を参考に 1 ヶ月間監視したうえで、レベル 1 への引下げを検討する。徐々に火山活動が高まった場合や噴火が発生した場合には、1 ヶ月を過ぎてから再び活動が高まるため 2 ヶ月間監視したうえで、静穏な状態が続けば、レベルを 1 に引き下げる。

噴火が発生した後、噴火活動や地震活動等の高まりもみられず、噴煙量、火山ガス放出量、地熱活動の状況、地震発生域や地殻変動などの状況にも変化がみられない場合には、1 か月間程度状況を監視し、警戒が必要な範囲を 1 km へ縮小する。縮小後、再び地震活動や噴気・地熱活動が活発化する等、火山活動の活発化が認められれば警戒が必要な範囲を 2 km へ拡大する。なお、噴火発生後、噴煙量や火山ガスの放出量が噴火前に比べ増加した状態であっても、火山ガス放出量の増加傾向はみられなければ、活動の上向き傾向にないと判断する。

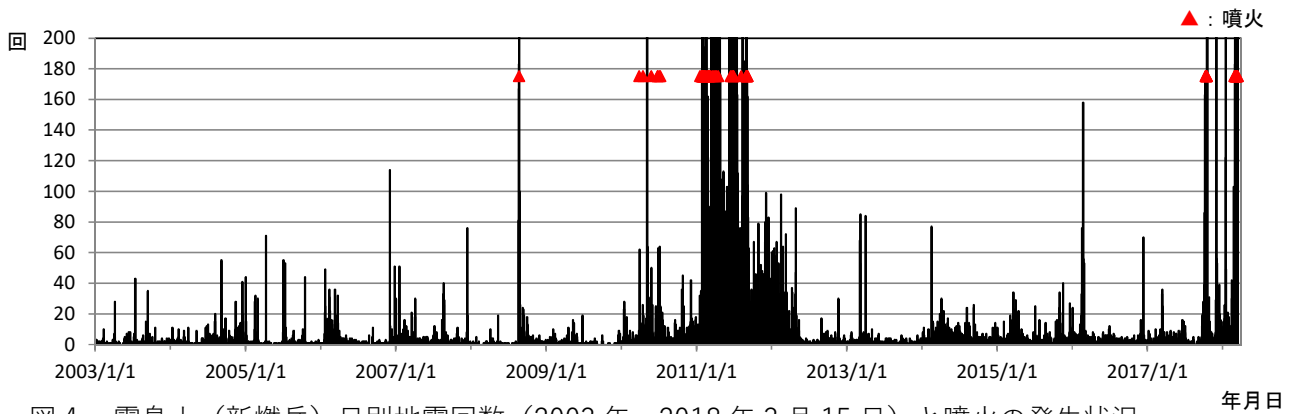


図 4 霧島山（新燃岳）日別地震回数（2003 年～2018 年 3 月 15 日）と噴火の発生状況

### [レベル3]

#### 《引上げ基準》

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。

#### 【火口から概ね3 km以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

- 霧島山を挟むGNSSの基線の伸びが認められている時に次のいずれかが観測された場合
  - 火山ガス（二酸化硫黄）放出量の急増
  - 噴煙の高さが火口縁上3,000mに達するような連続的な噴火に伴い、急速にマグマだまりの収縮を示す変化が生じている場合
  - マグマの浅部への上昇を示唆する火口付近を震源とする低周波地震の多発
  - 火山灰に新鮮なマグマ性物質が数%以上含まれている場合
- 山体膨張を伴う急速な地殻変動を観測した場合
- 火口から2 km付近まで大きな噴石を飛散させる噴火が繰り返し発生
- 火口から概ね1 kmを超えて火砕流が流下
- 火口から2 km付近まで溶岩流が流下

#### 【火口から概ね3 km以内に影響を及ぼす噴火が発生】

- 火口から概ね2 kmを超えて大きな噴石が飛散
- 周辺の空振計で50Pa以上の空振を観測（天候不良時）

#### 【火口から概ね4 km以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

- 火口から概ね2 kmを超えて大きな噴石を飛散させる噴火が繰り返し発生
- 火口から概ね2 kmを超えて火砕流が流下
- 火口から3 km付近まで溶岩流が流下

#### 【火口から概ね4 km以内に影響を及ぼす噴火が発生】

- 火口から概ね3 kmを超えて大きな噴石が飛散

#### 《解説》

レベル3における警戒が必要な範囲は火口中心から概ね3 km以内を原則とするが、噴火の爆発力が高まってきている、あるいはその可能性があり、火口から3 kmを超えて影響する可能性があるとは判断する場合は、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね4 km以内に拡大する。

#### 【火口から概ね3 km以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

霧島山（大幡池）付近の地下浅部へマグマが上昇するのに伴い、マグマに含まれる二酸化

硫黄が分離し、火山ガスとして放出される量がさらに増大することが考えられる。また、マグマが深部のマグマだまりから火口直下に移動・蓄積するに伴い、膨張性の山体の変形が観測される可能性が考えられる。

霧島山（大幡池）のマグマ供給系は明らかになっていないが、その経路は新燃岳と共有している部分も存在する可能性がある。新燃岳の2011年活動時では、えびの岳付近の地下のマグマだまりの体積が増加した中で、2011年1月19日に新鮮なマグマ性物質（軽石質粒子は全体の10%以下：産業技術総合研究所2011）を数%以上含むマグマ水蒸気噴火が発生、その後、1月26日には、軽石を含み噴煙が高く上がる準プリニー式噴火が発生し、マグマが溶岩として火口底に堆積する中で、近傍の傾斜計でえびの岳付近のマグマだまりの収縮を示す急速な傾斜変化と低周波地震の増加がみられた。これらのことから、霧島山（大幡池）においても、霧島山を挟む基線で伸びが認められている中で、レベル2の噴火活動中において、火山ガス（二酸化硫黄）放出量の急増、噴煙の高さが火口縁上3,000mに達するような連続的な噴火に伴い、マグマだまりの収縮を示す急速な傾斜変化や、火口付近を震源とする低周波地震が多発した場合をレベル引上げの閾値とした。

大きな噴石が火口から2 km 付近まで飛散する爆発が繰り返し発生（任意の24時間に2回以上）するなど、爆発力が高まってきている場合には、大きな噴石が概ね2 km を超えて飛散する可能性があるため、レベル3へ引き上げて警戒が必要な範囲を火口中心から概ね3 km まで拡大する。また、2011年や2018年の新燃岳におけるマグマ噴火に伴うブルカノ式噴火の活動の際には、新燃岳付近の地下で噴火前に山体の隆起、噴火後に沈降を示す地殻変動が観測されている。大幡池においても同様の活動を行う可能性があるため、山体膨張を示す急速な地殻変動を観測した場合にはレベルを3へ引き上げる。

噴火が継続している中で、火砕流が繰り返し発生すれば、地形を平滑化し徐々に火砕流の到達距離が伸びてくるおそれがある。そのため、火砕流が火口から概ね1 km を超えて2 km 付近まで達した場合には、2 km を超えて到達する可能性も考えられることから、レベルを3へ引き上げ、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね3 km まで拡大する。

溶岩流の場合は、流下速度が遅いため火口から概ね2 km を超えて流下すると予想される場合にレベルを3へ引き上げ、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね3 km まで拡大する。

#### 【火口から概ね3 km 以内に影響を及ぼす噴火が発生】

噴火に伴って噴出した大きな噴石が、レベル3の影響範囲内である火口から概ね2 km 以上、3 km 以内に飛散したことが確認された場合は、レベルを3へ引き上げる。

天候不良等で大きな噴石が確認できない場合、爆発に伴う大きな噴石が火口から概ね2 km 以上に飛散したと推測される場合の空振振幅と大きな噴石の飛散距離との関係は、桜島昭和火口の活動時から経験的に

$$D_m \text{ (m)} \approx 44 \cdot P \text{ (Pa)}$$

( $D_m$ :大きな噴石の最大到達距離、 $P$ :噴火口から5 km に規格化した空振振幅)により得ら

れている（気象庁,2014）。

空振振幅は距離に反比例して減衰することから、大幡池周辺の空振計（大幡池から約4kmに位置）に適用すると、56（Pa）となる。このため、天候不良時には50Paを超えた空振振幅を観測した場合、大きな噴石が火口から概ね2kmを超えて飛散した可能性があることから、レベルを3へ引き上げる。

#### 【火口から概ね4km以内に影響を及ぼす噴火の可能性】

大きな噴石が概ね2km以上飛散する爆発が繰り返し発生（任意の24時間に2回以上）するなど噴火の爆発力が更に高まってきている場合には、大きな噴石が概ね3kmを超えて飛散する可能性があるため、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね4kmまで拡大する。

火砕流は火砕流堆積物による地表の平滑化により流走距離が次第に伸びてくるため、火口から2km程度流下すれば次の火砕流が3kmを超えて流下する可能性があるため、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね4kmまで拡大する。

溶岩流の場合は流下速度が遅いため、火口から3kmを超えて流下すると予想される場合には、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね4kmまで拡大する。

#### 【火口から概ね4km以内に影響を及ぼす噴火が発生】

噴火に伴って噴出した大きな噴石が、火口中心から概ね3km以上、4km以内に飛散したことが確認された場合は、レベルを3へ引き上げまたは3を維持したまま警戒が必要な範囲を火口中心から概ね4kmに拡大する。

#### 《引下げ基準》

##### 【火口から概ね4km以内に影響を及ぼす噴火の可能性または発生】

当該基準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は、火山活動を評価し警戒範囲の縮小を判断する。

##### 【火口から概ね3km以内に影響を及ぼす噴火の可能性または発生】

レベル3への引上げ基準に該当する現象が概ね1ヶ月間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、火山活動を評価しレベル2への引下げを判断する。

#### 《解説》

空振や爆発地震の振幅の低下、傾斜計で顕著な変化がみられず、低周波地震の振幅や回数の減少、大きな噴石の飛散が火口から概ね2km以内に留まる状態が続くなど観測データに活動低下が認められる場合、火山活動を評価した上で大きな噴石が概ね3kmを超えて飛散する可能性が低くなったと判断した場合は、警戒が必要な範囲を火口中心から概ね3kmに

縮小する。

レベル3からのレベル2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、レベル上げの判定基準を下回った後も、1ヶ月間程度活動の状況を監視したうえで、レベル2に引き下げる。

[レベル4]

《引上げ基準》

次のいずれかの現象が観測された場合、レベル4に引き上げる。

【居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性】

- マグマだまりへの多量のマグマの蓄積と共に、噴煙柱崩壊型火砕流が発生するおそれのある次のいずれかが観測された場合
  - 火口全体から噴出する噴火が発生し、高温の噴煙柱が連続的に火口縁上 3,000m を超え上昇
  - 振幅の大きな火山性微動が継続し、かつ周辺の空振計のいずれかで 10Pa 以上の空振を連続的に観測（天候不良時）
  - 山体膨張を伴い、体に感じる地震を含む火山性地震の急激な増加
- 火口から概ね 3 km を超えて火砕流が流下
- 火口から 4 km 付近まで溶岩流が流下

《解説》

霧島山（大幡池）で居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性がある場合や、居住地域の至近まで重大な影響を及ぼす噴火が発生した場合にレベル4に判定できるように閾値を設定している。なお、霧島山（大幡池）ではそのような噴火の実績はないため、新燃岳の活動を参考にした。

【居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性】

新燃岳において 1716 年から 1717 年に発生した享保噴火と同程度の噴出量の噴火が霧島山（大幡池）で発生すると想定した場合、マグマだまりへの多量のマグマの蓄積と共に、火口全面から噴火が発生し噴煙柱が連続的に火口縁上 3,000m を超えて上昇すれば、噴煙柱崩壊型の火砕流が発生するおそれがあると想定されることから、レベルを4へ引き上げる。

新燃岳における 2011 年 1 月 26 日のマグマ噴火（準プリニー式噴火）時には、新燃岳火口から南西に約 1.9km 離れた新燃岳南西観測点において 1 分間平均振幅が最大で  $110 \mu\text{m/s}$ 、27 日に火口から南西に約 2.7km 離れた湯の野観測点で 13Pa の空振を観測している。霧島山（大幡池）において同様の噴火が、噴煙が見えない状況において発生し、火山周辺の広い範囲の観測点で振幅の大きな微動を観測するとともに、周辺の空振計のいずれかで連続的に 10Pa 以上の空振を伴う場合は、噴煙柱崩壊型の火砕流が発生するような噴火の発生を想定し、レベルを4へ引き上げる。

大幡池付近の地下浅部へと多量のマグマが急速に移動・蓄積する場合、大幡池周辺の岩盤に急激な応力変化をもたらす、霧島山周辺地域において体に感じる地震の発生を含む地震活動の活発化をもたらす可能性がある。そのため、大幡池付近の山体膨張を伴い、体に感じる地震（霧島山周辺の震度計で震度 1 以上となる規模の地震）を含む火山性地震の急激な

増加がみられる場合は、多量のマグマの噴出とそれに伴う噴煙柱崩壊型の火砕流が発生するおそれがあるため、レベルを4へ引き上げる。

なお、それらの現象を引き起こすためには、多量のマグマがその供給源に蓄積されている必要があり、そのような状況を示唆する霧島山を挟む GNSS の基線の伸びがみられていることを前提とする。

噴火が継続している中で、火砕流が繰り返し発生すれば、地形を平滑化し徐々に到達距離が伸びてくるおそれがある。流走距離が延び、火口から概ね3 km を超えて流下し、居住地域付近まで到達する可能性が高いと判断すれば、レベルを4へ引き上げる。

溶岩流の場合は、流下速度が遅いため、火口から概ね4 km 付近まで流下し、居住地域付近に到達する可能性が高いと予想される場合にレベル4へ引き上げる。

#### 《引下げ基準》

観測データに活動低下が認められた場合には、火山活動を評価しレベル3への引下げを判断する。

#### 《解説》

レベル4からレベル3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、レベル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、居住地域への影響を評価し判断することとする。



[レベル5]

《引上げ基準》

次のいずれかの現象が観測された場合、レベル5に引き上げる。

【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】

- マグマだまりへの多量のマグマの蓄積と共に、噴煙柱崩壊型火砕流の切迫を示唆する次のいずれかが観測された場合
  - 火口全体から噴出する高温の噴煙柱が火口縁上 5,000mを超える噴火が発生・継続し、かつ傾斜計では沈降の傾向がみられない場合
  - 山体直下を震源とする体を感じる火山性地震が多発（10回以上／1時間）し、急激な地殻変動（ $10\mu\text{rad}$ 以上／1時間）が発生
- 火口から概ね4kmを超えて火砕流が流下
- 溶岩流が居住地域に切迫

《解説》

霧島山（大幡池）で居住地域に重大な災害を及ぼす噴火が切迫している、もしくは発生した場合について、レベル5に判定できるように閾値を設定した。

【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】

霧島山（大幡池）については、有史以降にそのような噴火の事例はないため、新燃岳において1716年から1717年に発生した享保噴火と同程度の噴出量と想定した。

その場合に火口全面から噴火が発生し噴煙柱が火口縁上5,000mを超えて上昇し、深部マグマだまりからのマグマの供給が継続している、または更に供給量が増大していれば噴煙柱崩壊型の火砕流の発生が切迫していると想定し、レベルを5へ引き上げる。

短時間に急激で大きな地盤変動の発生とともに体を感じる火山性地震（霧島山周辺の震度計で震度1以上となる規模の地震）が多発している時には、霧島山（大幡池）において大量のマグマの流入による大規模な噴煙柱崩壊型の火砕流の発生が切迫していると想定されることから、レベルを5へ引き上げる。

なお、それらの現象を引き起こすためには、多量のマグマがその供給源に蓄積されている必要があり、そのような状況を示唆する霧島山を挟むGNSSの基線の伸びがみられていることを前提とする。

火砕流が火口から概ね4kmを超えて流下した時は、火砕流が居住地域に切迫していると考え、レベルを5へ引き上げる。噴煙柱が崩壊し一気に火砕流が居住地域にまで達した時にもレベルを5へ引き上げる。

溶岩流の場合は、流下速度が遅いため居住地域近くに達した時にレベルを5へ引き上げる。

#### 《引下げ基準》

噴火活動、地震活動、傾斜変動の活動低下が明らかに認められた場合には、火山活動を評価しレベル3への引下げを判断する。

#### 《解説》

レベル5からの引下げについては、火山活動の低下を確認した上で、居住地域への影響を評価し判断することとする。

以上で示した基準のほか、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た場合には、総合的に評価した上でレベルを判断することもある。

## 5 今後検討すべき課題

霧島山（大幡池）は有史以降の火山活動が確認されておらず、火山活動について不明な点が多い。今後、新たな知見等が得られた場合は、随時、基準を見直していくこととする。特に、以下の課題については、引き続き取り組み、判断基準の改善を進める必要がある。

- 霧島山（大幡池）の判定基準は新燃岳等他の火山の事例を参考にしたものが多く、定性的な表現に留まっている部分もある。今後、観測を継続し、霧島山（大幡池）の火山活動の知見を深めていき、判定基準の各項目の定量化を進める等より精緻化していくことが重要である。
- 霧島山（大幡池）のマグマ供給系は、現時点では明らかになっていない。マグマだまりの膨張を示す広域の GNSS の変化については判定基準に記載しているが、えびの岳付近のマグマだまりについては、霧島山（大幡池）のマグマ供給系との関係の有無等、まだ不明な点が多いため、今後さらに知見を増やす必要がある。マグマだまりや供給系に関する新たな知見が得られた場合は、速やかに判定基準を改定する必要がある。
- 大幡池では、火口湖に水が溜まった状態で火口縁が崩壊するような噴火が発生した場合、火口湖決壊型火山泥流も懸念される。また、地震活動により火口縁が崩壊するような場合も、泥流が生じる可能性がある。これらの型の泥流については、霧島山（大幡池）で過去に発生した実績は現時点では確認されていない。また、火口湖の水位の状態や決壊場所によって影響範囲が大きく変わることが予想される。

居住地まで達するような多量の泥流が発生するためには、噴火や地震活動により大規模な地形変化を伴う必要がある。泥流が発生してから居住地に達するまでの時間は短いため、噴火警戒レベルの対象とするためには大規模な地形変化を伴うような現象の事前予測が重要となる。噴火の場合は、何らかの前兆現象が観測されることが期待されるが、現時点ではその前兆現象、泥流の発生確率及び泥流の流量等に関わる評価は困難である。このため、現時点では最大規模の泥流による影響範囲の整理に留め、噴火警戒レベルの対象としていないが、火口湖決壊型火山泥流の監視や対策については適切な観測体制の構築も含め、引き続き検討していく必要がある。

- 霧島山周辺では、過去に山体崩壊が複数回発生した実績も認められているが、岩屑なだれをもたらす大規模な山体崩壊は、火山噴火だけでなく地震や大雨等の外力に伴って発生することもある。また、崩壊箇所やその規模の想定も現時点では困難である。このため、現時点では噴火警戒レベルの対象としていないが、稀な事象として山体崩壊も発生しうることに留意する必要がある。また、監視や対策についても、科学技術の進捗も踏まえて検討していく必要がある。

## 6 参考文献

- ①：日本活火山総覧（第4版）
- ②：気象庁資料（霧島山関係資料集など）
- ③：鍵山恒臣（1994）霧島火山群における構造研究の意義－新しい火山学の構築のために－，地震研究所彙報,69,177-188
- ④：井村隆介（1994）霧島火山の地質,東大地震研彙報,69,189-209
- ⑤：歌田久司・鍵山恒臣・霧島火山電磁気研究グループ：霧島火山の深部比抵抗構造（I）地震研究所彙報,69,241-255
- ⑥：鍵山恒臣（1994）霧島－やや張力的応力場に生成した火山群,地学雑誌,103,133-144
- ⑦：筒井正明・小林哲夫（2008）霧島大幡山周辺における鬼界アカホヤ噴火前後の火山活動,日本火山学会 2008 年秋季大会,ポスターセッション
- ⑧：鍵山恒臣・吉川慎（2017）,霧島火山群周辺の表層電気伝導度分布と火山活動,京都大学防災研究所年報（61）,351-355
- ⑨：鍵山恒臣・歌田久司・三ヶ田均・筒井智樹・増谷文雄（1997）霧島火山群の構造とマグマ供給系,火山第 42 卷,S157-S165
- ⑩：気象庁（2014）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－
- ⑪：産業技術総合研究所（2011）,霧島山新燃岳 2011 年 1 月 19 日噴出物の構成粒子