

## 富士山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、場所と現象

富士山は約 2 万年前の大規模な山体崩壊の後、17000 年前から 8000 年前頃にかけて大規模な溶岩流出を繰り返し、5600 年前から 3500 年前頃に現在の主火山体を高く成長させる噴火活動となった。その後、3500 年前から 2300 年前頃に山頂火口で爆発的な噴火が卓越し、その間の 2900 年前には東側へ山体崩壊（御殿場岩屑なだれ）が起きた。2300 年前以降の噴火は主に山腹の割れ目噴火であった。このように富士山における噴火の発生場所は、山頂部に限定されていない。

過去の噴火活動のうち、噴火様式や噴火の規模、火口の位置などの特徴が把握されている約 5600 年前以降、噴火の規模は、中～小規模<sup>\*</sup>が圧倒的に多く、噴火様式は、火砕物放出、溶岩流出、及びそれらの混合型で、少数であるが火砕流の発生も確認されている。また、約 5600 年前以降で最大の火砕物放出を主体とする噴火は 1707 年の宝永噴火であり、最大の溶岩流出を主体とする噴火は 864 年に発生した貞観噴火である。

#### ① 想定する噴火場所

富士山においては、過去に山頂からの噴火に加えて、山腹からの割れ目噴火も多数発生している。そのため、噴火が発生する場所を事前に特定することは困難である。富士山火山防災対策協議会では、ハザードマップを策定するため、約 5600 年前から現在までの火山活動から実績に基づいて噴火する可能性のある領域が想定火口範囲として設定されている（図 1）。

#### ② 想定する噴火様式、及び現象

富士山において今後発生する噴火様式として、火砕物の放出や溶岩流出を想定する。噴火に伴い発生する現象として、ハザードマップの検討においては、溶岩流、火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流、噴石（大きな噴石）、降灰が想定されている。過去 5600 年間に発生した噴火は、中～小規模の噴火がほとんどであり、宝永噴火のような大規模な噴火が発生する

---

\*）富士山では、火山防災対策を検討するにあたり、噴火規模を噴出量により区分しており、2,000 万 m<sup>3</sup> 以下を小規模噴火、2,000 万～2 億 m<sup>3</sup> を中規模噴火、2 億～13 億 m<sup>3</sup> を大規模噴火としている（富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会報告書（富士山火山防災対策協議会，2021））。

可能性は、中～小規模の噴火が発生する可能性に比べ低い。しかしながら、火山活動が活発化していく初期の段階では、噴火の規模や推移を予測することは困難であるため、噴火に伴う火山現象及びその影響範囲は、過去 5600 年間で最大規模の噴火である貞観噴火や宝永噴火規模の噴火をまず想定することを原則としている。なお、噴火に伴い発生する溶岩流などの現象の影響範囲を重ねて表示したものとして、富士山火山防災対策協議会においてハザード統合マップが作成されている（図 1）。



図 1. 富士山ハザード統合マップ（富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会報告書（富士山火山防災対策協議会，2021）より引用）

図中の火口ができる可能性の高い範囲が想定火口範囲である。

## 2 火山活動の時間的な推移

近年の観測体制において噴火が発生した事例はないが、最も新しい富士山の噴火である1707年の宝永噴火においては、明瞭な先駆現象が発生していたことがわかっている。宝永噴火発生の1～2か月前には、山中のみで体を感じる地震活動があり、十数日前からはこうした地震が多発するようになった。半日前から噴火直前にかけては、山麓でも体を感じるような規模の大きな地震も発生するなど、さらに活発化した（林・小山，2002）。

宝永噴火は、噴火の規模や噴出率、その噴火の初期にデイサイト質のマグマが噴出した点などにおいて、富士山の噴火の中では特異な事例である。より規模の小さい噴火や、一般的な玄武岩質火山の噴火を想定した場合、宝永噴火前のような顕著な地震活動を伴わずに噴火に至る可能性もある。そこで、他の玄武岩質マグマを噴出する火山を中心に、噴火に先行したマグマ上昇時の地震活動や地殻変動について、先駆現象の規模および、それぞれの現象が発現してから噴火発生までの時間について調べ、後述する噴火警戒レベルの判定基準においては、これらの火山における噴火の先駆現象も参考としている\*）。

参考にした玄武岩質火山の主な噴火事例は、次のとおりである。

- 1986年伊豆大島噴火

三原山噴火前の火山性微動、地熱活動、割れ目噴火前の群発地震及び地殻変動

- 1989年伊豆東部手石海丘噴火

噴火前の群発地震及び地殻変動、低周波地震、火山性微動

- 2000年三宅島噴火

マグマ貫入初期の群発地震及び地殻変動

- 2018年キラウエア噴火

噴火前の群発地震及び地殻変動

## 3 噴火警戒レベルの区分け

富士山については、火山噴火予知連絡会が、2001年に富士山ワーキンググループを設置して、富士山の火山活動の変化の現れ方や火山情報等に関する検討を行っている。そこでは、前述の宝永噴火の先駆現象からその火山活動プロセスを推定し、同様の先駆現象が現在の観測網でどのように検知されるかの検討が行われた（以下、「宝永噴火シナリオ」という。宮下・他，2007）。富士山では、この宝永噴火シナリオに加え、上述の玄武岩質火山における噴火の先駆現象も参考にして、噴火警戒レベルを以下のように区分けしている。

なお、富士山では前述したように、噴火の可能性のある領域を広範囲に設定しているが、

---

\*）これらの火山の噴火事例において先駆現象として観測された群発地震や地殻変動について取りまとめた結果は参考資料として文末に掲載した。

噴火の発生が予想される段階において噴火の発生場所を予測することは困難であることを前提にレベルの設定が行われている。そのため、火山活動が高まっていく段階ではレベル2を運用せず、レベル1から直接レベル3以上に引き上げることとする。また、最初の噴火では、居住地域に影響がない噴火であっても、噴火の発生場所やその後の噴火規模の拡大の可能性を考慮して、レベルを4以上にすることとしている。

① レベル1（活火山であることに留意）

火山活動を示唆する地殻変動は認められず、噴気活動も認められない。地震は1ヶ月あたり数回～数十回程度で推移する等、火山活動は静穏な状態。火山性地震や深部低周波地震が時々まとまって発生することもある。

なお、火山活動に変化が見られるなど、火山活動の状況や観測データの変化について伝える必要があると判断した場合には「火山の状況に関する解説情報」等によりお知らせする。特に、火山活動に高まりがみられ、今後の活動の推移によっては噴火警戒レベルを引き上げる可能性があるとして判断した場合（または判断に迷う場合）には「火山の状況に関する解説情報（臨時）」を発表する。

② レベル2（火口周辺規制）

レベル2は噴火の可能性のある限定された火口周辺に警戒が必要な段階である。しかし、富士山では、前述のように噴火が発生する場所は火山活動が高まっている段階でも実際に噴火が発生するまで特定するのは困難であることを前提としてレベルを設定している。そのため、火山活動が高まっていく段階ではレベル2を経ず、レベル3以上に引き上げることとしている。

ただし、火山活動が低下する過程などにおいてレベル2を発表する場合がある（予想される噴火による影響範囲が火口周辺に限定され、かつ居住地域から離れている場合）。この場合、当面噴火が発生する可能性がある領域と警戒が必要な範囲を明示する。

③ レベル3（入山規制）

火山活動が高まっており、警戒が必要な状態。火山性地震の多発や地殻変動、低周波地震、火山性微動の継続的な発生といった火山活動の高まりを示す現象が観測される段階である。

噴火開始後に、噴火警戒レベルを下げていく段階では、居住地域に影響しない程度に限定して警戒範囲を示すことが可能な場合はレベル3とする。

④ レベル4（高齢者等避難）

レベル3の状態から、さらに地震活動の活発化や顕著な地殻変動が観測されるなど、噴火の可能性が高まったと見られる場合は、レベル4とする。

また、居住地域から離れた場所で小規模の噴火等が発生した場合には、レベル4と

する（それ以外の噴火が発生した場合はレベル5）。

#### ⑤ レベル5（避難）

レベル4の段階からさらに、体に感じる地震の多発や著しい地殻変動が観測されたりするなど噴火の発生が切迫した段階。

また、噴火が発生した場合はレベル5とする（レベル4に該当する場合を除く）。居住地域から離れた場所で小規模の噴火が発生してレベル4とした後に、噴火の規模が拡大するなど居住地域に影響を及ぼす切迫性がみられた場合もレベル5とする。

富士山の広域避難計画では、噴火開始後に火口が特定された時点で、その火口の位置に応じて避難対象となる範囲を絞り込むこととしているため、火山活動の推移によって、警戒が必要な範囲などが変更となる場合には、レベルに変更がなくても、警報を出し直してその旨をお知らせする。

### 4 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

宝永噴火において記録された先駆現象や富士山と同様の玄武岩質火山における噴火の先駆現象なども参考に、噴火警戒レベルの判定基準を設定している。

#### 【レベル1の火山活動の状況】

概ね、火山活動は静穏な状態（地震は1ヶ月あたり数回～数十回程度で推移し、火山活動を示唆する地殻変動は認められず、噴気活動も認められない）。

ただし、火山活動に変化がみられるなどして、火山活動の状況や観測データの変化について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」等によりお知らせする。

特に、レベル3への引上げ基準①のA～Dのいずれか1つに該当する状況となるなど、今後の活動の推移によっては噴火警戒レベルを引き上げる可能性があるとして判断した場合、または判断に迷う場合は「火山の状況に関する解説情報（臨時）」を発表する。

#### （レベル1の火山活動の状況の解説）

富士山の「火山活動に特段の変化がない（静穏な）状態」を見積もるため、近年の富士山の火山活動の状況を簡単に振り返ると、2002～2010年頃にかけては、火山性地震（深部低周波地震は除く）は1ヶ月あたり5回程度と非常に少ない状態で推移していたが、2011年3月15日に静岡県東部（富士山の南部付近）で発生したM6.4の地震以降、地震活動が活発な状況となった。2016年以降は、地震発生前の状況には戻っていないものの地震活動は

低調に経過し、概ね1ヶ月あたり10回程度で推移し、1ヶ月あたり数十回程度を数える月も時折みられる程度である。

また、富士山では、深さ約15km付近を震源とする深部低周波地震が定常的に発生しており、時々まとまって発生することがある。この現象は深部でのマグマの運動との関係性も指摘されており、富士山でも2000年から2001年にかけては深部低周波地震の活動が通常よりも顕著に増加していた時期があった(鵜川, 2007)。

火山活動を示唆する地殻変動や噴気は、現在認められていない。2008年から2010年にかけてはGNSS連続観測で地下深部の膨張を示すと考えられる変化が観測された(国土地理院, 2011)。

以上を踏まえて、「火山活動に特段の変化がない(静穏な)状態」については、地震活動が比較的静穏であった2016年～2019年のデータをもとに、以下のように見積もった。

- ・地震は1ヶ月あたり数回～数十回程度で推移
- ・火山活動を示唆する地殻変動は認められず、噴気活動も認められない

こうした静穏な状態を基準として、レベルを引き上げる可能性は低いものの火山活動に変化がみられたり、判定基準に記載されていない現象が発生したりするなどして、火山活動の状況や観測データの変化について伝える必要があると判断した場合には「火山の状況に関する解説情報」や「火山活動解説資料」によりお知らせする。上記の深部低周波地震の多発や地下深部の膨張を示す変化の事例などは深部の活動であり、それだけでただちに噴火につながるものではないと考えられるが、火山活動の変化を示す現象であるとして「火山の状況に関する解説情報」等の発表を検討する事例といえる。

さらに、浅部での火山性地震が一時的に多発するなど、後述するレベル3への引上げ基準のいずれか1つに該当するような現象が観測され、「火山活動に変化がみられ、今後レベルを引き上げる可能性がある段階」と判断した場合は「火山の状況に関する解説情報(臨時)」を発表する。例として、1987年8月に山頂付近でのみ有感であった地震が複数回報告されている。このような山頂付近ごく浅部での地震の活発化は「火山の状況に関する解説情報(臨時)」の発表を検討する事例といえる。

2011年3月15日の静岡県東部(富士山の南部付近)のM6.4の地震とその後の余震活動は、東北地方太平洋沖地震の4日後に発生し、本震—余震型で推移した。火山性の地殻変動はみられず、全国各地でみられた東北地方太平洋沖地震の誘発地震のひとつであって火山活動の活発化ではないと結論付けられたが、今後同規模の地震活動があり、火山活動につながる可能性を否定できない場合は「火山の状況に関する解説情報(臨時)」を発表する。

## 【レベル2】

富士山では、噴火の発生が予想される火山活動活発化の過程でレベル2は発表しない。

ただし、火山活動が低下する過程などにおいてレベル2を発表する場合がある(予想される噴火による影響範囲が火口周辺に限定され、かつ居住地域から離れている場合)。レベル

2を発表する場合は、その際にレベル2からの引下げ基準を明確にする。

(解説)

噴火警戒レベルの区分けで述べたように、レベル2は噴火の可能性のある限定された火口周辺に警戒が必要な段階である。富士山では、火山活動が活発化する過程では、噴火が発生する場所を特定することは難しいと考えられていることから、噴火の発生が予想される過程ではレベル2は発表しない。

噴火発生、または噴気、地熱域の出現などの後に、火山活動が低下していく過程では、噴火などの現象が発生した場所やその周辺に、当面噴火が発生する可能性が高い場所を特定できる場合がある。そのうえで、予想される噴火の影響範囲が居住地域に重ならない火口周辺の範囲に留まる場合は、レベル2とする。この場合は、噴火の可能性のある領域と警戒が必要な範囲を明示する。

レベル2における火山活動の状況を具体的に想定することは困難なため、レベル2からの引下げ基準を明記することも困難である。噴火事象が発生し、レベル2に引き下げる段階で、改めてレベル2からレベル1への引下げ基準を検討することとする。

### 【レベル3】

(引上げ基準)

【火山活動が高まっており警戒が必要】

- ① 次の現象が複数観測された場合
  - A) 浅部の火山性地震の増加 (24時間で100回程度以上、あるいは1時間あたり10回程度以上)
  - B) 浅部での低周波地震、火山性微動が複数回発生
  - C) 浅部での地殻変動を観測
  - D) 明瞭な表面現象 (噴気や地熱域の出現、地割れ・隆起・陥没などの地変)
- ② 浅部の火山性地震が急増するなど、①のA~Dのいずれか1つの基準を大幅に上回る現象が観測された場合

(引下げ基準)

上記の現象について、活発化の傾向が見られなくなった場合には、レベル2又はレベル1に引き下げる。

(解説：引上げ基準)

【火山活動が高まっており警戒が必要】

- ① 地下深部からマグマが上昇して噴火に至る場合、マグマの移動に伴って火山性地震や地殻変動などの現象が発生する。宝永噴火シナリオで想定された噴火前の地震

活動の活発化に加えて、他の火山において噴火前に観測されている以下の現象をレベル3への引上げ基準とし、これらが複数観測された場合にレベルを3に引き上げる。

- A) 宝永噴火の前には、富士山の山中でのみ体感じられるような地震が噴火10数日前から継続的に発生したことが知られている。これはマグマが地下浅部に上昇してきたことによる、浅部での火山性地震の増加に対応していると考えられる。現在の富士山の観測体制を考えると、この段階では24時間あたり少なくとも100回程度、もしくは1時間あたり10回程度以上の地震が観測されることが推定される。前述した噴火の先駆現象を参考にした玄武岩質火山においても、マグマの上昇による地震の群発と地殻変動が見られており、いずれも活動の初期段階で、この基準を大幅に上回る地震活動が観測されている。
- B) 地下からマグマが上昇し、噴火に至る過程では、噴火前から浅部での低周波地震や火山性微動が観測されることがある。伊豆大島の1986年噴火や伊豆東部火山群の1989年の噴火のような玄武岩質火山でも噴火の先駆現象としてこれらの現象が観測されている。富士山では、深部低周波地震はみられているが、浅部での低周波地震や火山性微動が観測されたことはない。今後の火山活動が活発化していくなかで、このような現象が発生するか否かは不明であるが、レベル3へ引き上げる条件の一つとした。なお、これまでの観測事例がないことから、少ない回数でもレベルの引き上げを検討する項目として設定している。
- C) 地下浅部にマグマが移動した場合、傾斜計などによる高精度の地殻変動観測により、地震活動に同期した地殻変動が観測されることが考えられる。宮下・他(2007)の宝永噴火シナリオにおけるダイク貫入モデルをもとに富士山周辺に設置されている傾斜計観測点での変動量を求めると、富士山の地下浅部へマグマの貫入しはじめる段階では、山体周辺に設置した傾斜計で1 $\mu$ ラジアン程度の傾斜変動が観測されると推定される。しかし、観測される地殻変動の量は、貫入するダイクの位置などによる不確実性があるため、明確な数値基準は設定しない。現在の富士山における観測体制では、上記の傾斜変動の数分の一程度の変化は検出できる。複数の観測点で捉えられた傾斜変動データの解析や、地殻変動に伴って地震活動があった場合には、その震源に関する情報などから、観測された地殻変動の変動源が地下浅部にありと推定される場合、他の観測項目と合わせて火山活動の高まりを示すものと判断した場合には、レベル3に引き上げる。
- D) 現在、富士山の既存の火口や山体からは明瞭な噴気活動や地熱域といった火山活動の活発化を示す地表の変化(地変)は確認されていない。マグマや熱水が地下浅部に移動してきた場合には、マグマから離溶した揮発性成分



などの火山ガスが先行して地表まで上昇することで、噴気活動や地熱域が発現する可能性がある。富士山でも 1960 年代までは山頂火口南東縁の荒巻で噴気が確認されており、このような明瞭な噴気活動が再び見られるようになった場合は、火山活動が活発化している可能性がある。

② 玄武岩質マグマの場合、前兆現象の発現から噴火の発生までが短時間に起こる場合がある。三宅島の 1983 年噴火では、噴火に先行する火山性地震の急増がみられたのは、噴火開始の 2～3 時間前からである。地殻変動データなどは変化の有無を見極めるのに時間がかかる場合がある。そのため、①で示した基準を大幅に上回るような火山性地震の発生がある場合は、地震活動のみでレベルを引き上げる。

その他の観測項目に関しても、特に顕著な変化がみられ、明らかに火山活動の高まりを示していると判断される場合には、他の観測データに基準を超えるような変化が認められない場合でもレベルを引き上げる。

(解説：引下げ基準)

レベル 3 への引上げ基準に示したような、火山活動の高まりを示す現象が観測されなくなり、火山活動に活発化の傾向が認められなくなった場合に、レベルを引き下げる。詳細は以下のとおり。

火山性地震の発生回数や規模に低下傾向がみられたり、地殻変動に鈍化や停滞の傾向がみられたりするなど、火山活動の低下が認められた場合には、レベル 1 に引き下げる。

噴気活動や地熱活動（噴火後の場合も含む）は、出現してから完全に衰退するまでには数年以上の時間がかかる場合がある。そのため、噴煙量の増大や地熱域の拡大といった活発化を示す傾向がなくなった段階でレベルを引き下げる。その際、地熱活動が継続している特定の噴気孔（または火口）とその周辺に限定して引き続き警戒が必要な状況と判断される場合は、レベル 2 に引き下げ、当面噴火する可能性がある領域と警戒が必要な範囲を明示する。

#### 【レベル 4】

(引上げ基準)

##### 【居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性】

- ① レベル 3 の基準①を満たす現象が観測されている中で、さらに「浅部の火山性地震の急増や規模増大」あるいは「浅部での膨張を示す顕著な地殻変動を観測（レベル 3 よりも規模大）」
- ② 居住地域から離れた場所で小規模の噴火が発生  
(ただし、噴火発生を経てレベル 4・5 からレベル 3 以下に引き下げた後に、一連の活動の範囲内で小規模の噴火が発生し、噴火活動の活発化が見られない場合

は、レベルを据え置く。)

(引下げ基準)

[噴火が発生した場合]

噴火活動の推移、噴出物の影響範囲、観測データを評価し、居住地域に影響する噴火発生の可能性がなくなったと判断した段階でレベル3以下に引き下げる。

[噴火には至らなかった場合]

上記の現象がみられなくなり、火山活動の低下が認められ、居住地域に影響する噴火発生の可能性がなくなったと判断した段階でレベル3以下に引き下げる。

(解説：引上げ基準)

① レベル3の状態からさらにマグマが上昇すると、低周波地震や火山性微動を含む火山性地震の活動が活発化し、発生頻度の急増や規模の大きな地震の発生が観測されるようになると考えられる。また、傾斜計などにより、浅部での膨張を示すことが明らかになるような、顕著な地殻変動が観測されることも予想される。前述した噴火の先駆現象を参考にした伊豆大島や三宅島などの玄武岩質火山でも、ダイク状マグマの貫入により活発な地震活動や顕著な地殻変動が観測されている。これらの火山では、噴火の先駆現象として明瞭な傾斜変化が観測されたことが報告されている。富士山の場合も、宝永噴火シナリオのダイク貫入モデルをもとに傾斜計の変動量を推定すると、マグマが海面下5 kmより浅部に上昇するような場合には、山体周辺の観測点では、一部の傾斜計で1~2 $\mu$ ラジアンを超える程度の傾斜変動が起こると推定される。観測される地殻変動の量は、貫入するダイクの位置や形状などによる不確実性があるため、数値基準としては設定しないが、レベル3の状況から、さらに浅部へのマグマの上昇を示す顕著な地殻変動が観測された場合にはレベル4に引き上げる。

② 後述するように、レベル4以下の状態で噴火が発生した場合は基本的にレベル5に引き上げることとしているが、レベル3以下の状態で噴火して、監視カメラなどによる観測によって、噴火の発生場所や規模が特定できて、その時点で噴火の影響が明らかに居住地域には及ばないと判断できた場合は、レベル4に引き上げる。

これは前述したとおり、噴火の発生した直後はその後の推移の予測が困難であるためレベル4とするものであり、噴火が始まった後、火山活動などを評価した上でレベル3以下に引き下げた後は、一連の活動の範囲内におさまる規模の噴火(噴火の影響が居住地域に及ばない噴火)が発生した場合、噴火活動の活発化が見られなければ、レベルを4に引き上げずに据え置く。

(解説：引下げ基準)

実際に居住地域から離れた場所で小規模の噴火が発生した場合は、噴火の発生場所や発生している噴火の規模、噴出物の影響範囲に加え、噴火活動の推移、火山性地震の発生状況や地殻変動の推移といった観測データから、火山活動を評価して、居住地域に影響する噴火が発生する可能性がなくなったと判断した場合に速やかにレベル3以下に引き下げる。

噴火が発生せずに地震活動等が終息していった場合などでは、レベル4の引上げ基準①に該当するような地震急増・規模増大や顕著な地殻変動がみられなくなり、居住地域に影響する噴火発生の可能性がないと判断した段階で、可能な限り速やかにレベル3以下に引き下げることをとする。

## 【レベル5】

(引上げ基準)

### 【居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫】

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。

- ① 火山活動が高まっている中で、「体に感じる地震を含む顕著な地震が頻発」しつつ、「地殻変動量が加速」
- ② 居住地域から離れた場所で小規模の噴火が発生した後、さらに噴火活動が高まるなど居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫

### 【居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生】

- ③ 噴火が発生（居住地域から離れた場所で小規模の噴火と判断できる場合を除く）

(引下げ基準)

[噴火が発生した場合]

噴火活動の推移、噴出物の影響範囲、観測データを評価し、居住地域に影響する噴火発生の可能性がなくなったと判断した段階でレベル3以下に引き下げる。

[噴火には至らなかった場合]

上記の現象がみられなくなり、火山活動の低下が認められ、居住地域に影響する噴火発生の可能性がなくなったと判断した段階でレベル3以下に引き下げる。

(解説：引上げ基準)

- ① レベル4の状態からさらに噴火が切迫する段階では、火山性地震の規模や発生頻度のさらなる増大や、地殻変動の変化率の増加といった現象が観測されると考えられる。体に感じる地震を含む顕著な地震の発生はマグマ噴火の先駆現象として宝永噴火や先駆現象を参考にした玄武岩質火山で記録されている。宝永噴火では、

噴火発生の前日頃から富士山から離れた小田原でも有感となる地震が複数回記録されている。1986年伊豆大島の割れ目噴火では噴火の約2時間前から、2000年三宅島の海底噴火では、噴火の半日ほどまえからそれぞれ100回以上の有感地震が観測されている。このような地震活動は地上付近へのマグマの移動を反映したものと考えられ、その場合には地震活動に伴って、傾斜計やGNSSで観測される地殻変動データに、変動量の加速的な増加や地殻変動源の浅部への移動が観測されると考えられる。宝永噴火シナリオのダイク貫入モデルでは、地表付近までマグマが上昇してきた段階では、GNSS連続観測点で数cm程度の変動が検知されると推定される。伊豆大島や三宅島でも噴火発生前までに10 $\mu$ ラジアン程度以上の顕著な傾斜変動が観測されている。また、マグマが地表付近まで上昇し、急激な地殻変動が観測されるような場合には、地割れなどの顕著な表面現象も観測されることもある(例えば、1986年伊豆大島割れ目噴火、2018年キラウエア噴火)。このような現象が観測された場合には、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が切迫しているとしてレベル5に引き上げる。

- ② 居住地域から離れた場所で小規模の噴火が発生している状況(レベル4)で、噴火の規模が大きくなるなどして、今後居住地域に影響を及ぼすような噴火の可能性がある場合にはレベル5に引き上げる。
- ③ レベル4以下の状態で噴火が発生した場合、レベル5に引き上げる。監視カメラなどで噴火の発生を検知した場合、発生場所や検知できた噴火の規模から、その影響が明らかに居住地域まで及ばないと判断できた場合(この場合はレベル4)を除いて、噴石の飛散などによる影響が居住地域に及ぶ可能性があるとしてレベル5に引き上げる。

天候などにより視界不良の場合は、噴火発生に伴う地震動や空振によって噴火を検知する。この場合、噴火の発生場所やその影響範囲を瞬時に把握することは困難なため、噴火を検知した段階でレベルを5に引き上げる。

(解説：引下げ基準)

レベル5からの引下げは、実際に噴火が発生した場合は、噴火の発生場所や発生している噴火の規模、噴出物の影響範囲に加え、噴火活動の推移、火山性地震や地殻変動の状況から火山活動を評価して、居住地域に影響する噴火が発生する可能性がなくなつたと判断された段階で行う。

噴火が発生せずに地震活動等が終息していった場合などでは、観測データから居住地域に影響する噴火発生の可能性がないと判断した段階で、可能な限り速やかにレベル3以下に引き下げることとする。

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知見が得られた場合は、それらを加味して評価した上でレベ

ルを判断することもある。

## 5 今後検討すべき課題

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る。近年の観測体制において、活動の活発化がみられた事例はごく限られており、経験としては十分ではない。今後、活発化などの観測データを積み重ねることが必要で、新たな知見が得られた場合は、随時判定基準を見直していくこととする。

噴火が発生し、特に溶岩流等による災害が発生した場合には、当該現象が終息した後、関係機関等の対策を考慮しながら、必要に応じ、噴火警戒レベルの再設定を行うこととする。

現時点では、火山活動が活発化する過程においてレベル2の運用は行わないこととしているが、これはレベル2の運用を将来にわたって否定するものではない。今後、新たな知見や防災体制の見直し等に応じて、レベル2の運用の可能性・必要性についても継続して検討を進めていく。

参考資料：玄武岩質火山の噴火前に観測された地震活動や地殻変動の規模の例

事例	先駆時間	地震活動	地殻変動	富士山での相当地震回数
1986年伊豆大島 (割れ目噴火)	約2時間	M2以上25回 (最大M3.9)	島内の傾斜計で 1~10 $\mu$ rad、 一部振り切れ	1000回以上/時間
1989年伊豆東部 (海底噴火)	約2週間	M2以上約700回 (最大M5.5)	震源域から数km で約20 $\mu$ rad	初期10回以上/日 →最盛期1000回以上/日
2000年三宅島 (海底噴火)	約半日	M2以上約130回 (最大M3.0)	島内の傾斜計で 2~20 $\mu$ rad	初期10回以上/時間 →最盛期1000回以上/時間
2018年キラウエア	約40時間	—	1~2 $\times 10^7$ m <sup>3</sup> /日	約1000回/日以上
(参考)				
2015年桜島マグマ貫入 (約7時間)		M1以上約60回 (最大M2.2)	2.7 $\times 10^6$ m <sup>3</sup> /7時間	約100~200回/時間
富士山、2011年3月15日22時31分の地震(M6.4)とその後24時間の余震				約800回/日
宝永噴火シナリオのマグマモデルを仮定した場合の各活動ステージにおける推定				
I 1707年10~12月2-3日頃 (1~2カ月前)		M2以下→M3	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /日以下	100回/日以下
II 12月3日頃~14日 (十数日前~)		M3含む活動	約10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /日	100回/日以上
III~IV 12月15日~ (半日前)		M5含む活動	約10 <sup>7</sup> m <sup>3</sup> /日	1000回/日以上

(注)

- ・表中「地震活動」は、特記のない限り気象庁一元化震源による。
- ・表中「富士山での相当地震回数」は、同等の活動が富士山で発生した場合に計数される地震回数を、気象庁の富士山の火山性地震の計数基準をもとに推定した値である(震源位置によって変動はあり得る)。なお、一般に規模の大きな地震ほど発生頻度が少なく小さな地震ほど多いという地震学的な法則性(グーテンベルグ-リヒター則)をもとに算出した(b値は1:マグニチュードが1小さくなると地震回数が10倍になることを仮定)。

- ・伊豆大島、伊豆東部、三宅島の地殻変動は、それぞれ島田ほか（1988）、Yamamoto *et al.*(1991)、Ueda *et al.* (2005)による。
- ・ハワイ島キラウエア火山の事例は、米国地質調査所による SAR 干渉解析による推定地殻変動量 (Neal *et al.*, 2019) 及び GNSS 時系列から類推した膨張量と、それをもとに、山里（2013）による地殻変動量と地震回数との関係から推定した。
- ・桜島のマグマ貫入における地殻変動量は、Hotta *et al.*(2016) による。
- ・宝永噴火シナリオの推定は、林・小山（2002）、宮下ほか（2007）におけるマグマ貫入モデルを仮定して膨張量を推定し、山里（2013）による地殻変動量と地震回数との関係から地震回数を推定した。

## 引用文献

- 富士山火山防災協議会(2021)：富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会 報告書，静岡県地震防災センターHP
- 国土地理院(2011)：富士山周辺の地殻変動，火山噴火予知連絡会会報，106，36-41.
- 林 豊・小山真人（2002）：宝永四年富士山噴火に先立って発生した地震の規模の推定．歴史地震，18，127-132.
- Hotta, K., M. Iguchi and T. Tameguri (2016)：Rapid dike intrusion into Sakurajima volcano on August 15, 2015, as detected by multi-parameter ground deformation observations. *Earth Planets and Space*, 68:68 DOI 10.1186/s40623-016-0450-0.
- 宮下 誠・中禮正明・宇平幸一・林 豊・瀧山弘明・藤井敏嗣・村上 亮・鶴川元雄・白土正明・山里 平・横田 崇（2007）：富士山の火山活動と監視 一宝永噴火シナリオと火山情報一，富士火山（2007），441-449.
- Neal, C. et al. (2019)：The 2018 rift eruption and summit collapse of Kilauea Volcano. *Science*, 363(6425):367-374, DOI: 10.1126/science.aav7046.
- 島田誠一・渡辺秀文・福井敬一・福山英一（1988）：伊豆大島火山 1986 年噴火前後の傾斜変動．火山，33，S161-169.
- Ueda, H., E. Fujita, M. Ukawa, E. Yamamoto, M. Irwan and F. Kimata (2005)：Magma intrusion and discharge process at the initial stage of the 2000 activity of Miyakejima, Central Japan, inferred from tilt and GPS data. *Geophys. J. Int.*, 161, 891-906.
- 鶴川元雄(2007)：富士山の低周波地震，富士火山(2007)，161-172.
- Yamamoto, E., Y. Okada and T. Ohkubo (1991)：Ground tilt changes preceding the 1989 submarine eruption off Ito, Izu peninsula. *J. Phys. Earth*, 39, 165-176.
- 山里 平（2013）：マグマ上昇シナリオに基づく火山活動評価手法の研究，気象研究所技術報告，69，123-145.