

十勝岳の噴火警戒レベル判定基準とその解説

1 過去 1 万年間の活動概要

十勝岳では、過去 1 万年間に焼山火口、雲ノ平火砕丘、北向火口、摺鉢火口、昭和火口、グラウンド火口、中央火口（大正火口含む）、62 火口群、振子沢、ヌッカクシ火口（安政火口、旧噴火口とも呼ばれる）など（図 1）で水蒸気噴火やマグマ噴火が繰り返し発生した。またそれらに伴って、噴石の飛散、火砕物の降下、火砕流・火砕サージの流下、火山泥流の流下、山体崩壊とそれによる岩屑なだれの流下、溶岩流の流下などの火山現象が発生した（藤原ほか、2007、2009；石塚ほか、2010）。これらの噴火のうち、最大級の規模（見かけ噴出量）の噴火は、約 3,300 年前の噴火（見かけ噴出量約 $6 \times 10^7 \text{m}^3$ 、藤原ほか、2007）と 1962 年の噴火（見かけ噴出量約 $7 \times 10^7 \text{m}^3$ 、勝井ほか、1963）である。前者はグラウンド火口を形成した噴火の 1 つと考えられており、火砕流を北西斜面に少なくとも 6 km 流下させ（藤原ほか、2007；値は火砕流堆積物の分布図からの読取值）、また火砕流の発生と同時に山体崩壊も発生させた（藤原ほか、2007）。後者の概要については、後述する 20 世紀以降の活動と合わせて記載する。

20 世紀以降では、3 回のマグマ噴火活動（1926 年、1962 年、1988-89 年）が発生している。1926 年の噴火活動では、山体崩壊に伴う岩屑なだれによって発生した融雪型火山泥流が、山麓市街地まで流下し大きな被害をもたらした（石川ほか、1971）。この噴火活動により大正火口が形成された。1962 年の噴火活動では、準プリニー式噴火が発生して高度海拔 12,000m の噴煙が観測され、スコリアや火山灰を降下させた（勝井ほか、1963）。この活動により、62 火口群が形成された。1988～89 年の噴火活動は、62 火口群の 62-2 火口で発生した。約 3 ヶ月にわたって、爆発音や空振、爆発地震を伴う噴火を 23 回繰り返し、火砕流や火砕サージが頻発した（勝井ほか、1989；札幌管区气象台、1989；岡田ほか、1990；札幌管区气象台・旭川地方气象台、1990）。勝井ほか（1989）は、一連の噴火は水蒸気噴火からマグマ水蒸気噴火へ移行し、その様式はブルカノ式噴火に類似すると指摘している。一方、水蒸気噴火も繰り返し発生し、噴火場所はほとんどが中央火口周辺であるが、1952 年の噴火で昭和火口が形成されて以降 1959 年までの間は、昭和火口のみで噴火した。2004 年に発生した水蒸気噴火が、十勝岳における最新の噴火観測記録である。



図1 十勝岳における火口地形の分布
 地理院タイルに情報を追記して掲載している

火口位置は、石塚ほか (2010) による。図中の赤実線は火口縁を示す。火口縁のはっきりしないものについては、赤い塗りつぶし円で表記している。

2 想定する噴火場所、噴火様式、火山現象とその影響範囲

(1) 想定する噴火場所

62-2 火口及び大正火口とその周辺とする。20 世紀以降のマグマ噴火及び水蒸気噴火は、いずれも大正火口及び 62 火口群で発生している（1952 年から 1959 年の噴火を除く）。また、62 火口群の中でも 62-2 火口では 1988 年以降噴火が発生しており、現在も活発な噴煙・噴気活動が続いている。こうした事実を踏まえて上記の通り噴火場所を想定した。例外として、1952 年から 1959 年の間は昭和火口で水蒸気噴火を繰り返した事例がある。このように、特に水蒸気噴火については想定した噴火場所以外で発生する可能性は否定できない。少なくとも過去 1 万年間に噴火が発生した可能性が指摘されている火口およびその周辺では、突発的に噴火が発生し得ることに留意しておく必要がある。想定した噴火場所以外で噴火が発生した場合には、状況に応じてレベル判断を行うこととする。

(2) 想定する噴火様式

過去 1 万年間の活動履歴を踏まえ、水蒸気噴火とマグマ噴火（マグマ水蒸気噴火含む）を想定する。

なお、マグマ噴火の様式を細分（プリニー式、ブルカノ式など）して想定することは行わない。なお過去事例を踏まえると、ストロンボリ式噴火、ブルカノ式噴火、マグマ水蒸気噴火、プリニー式噴火に類似した噴火様式が考えられる。

(3) 想定する火山現象と影響範囲

過去 1 万年間の活動履歴を前提とし、火山現象とその影響範囲を以下の通り想定する。なお、活動履歴を文献から引用するにあたっては、直径数 10cm 以上の投出岩石（成因および形態は問わない）を「大きな噴石（概ね 20～30cm 以上の、風の影響をほとんど受けずに弾道を描いて飛散する噴石）」、直径数 10cm 未満の投出岩石を「小さな噴石」とみなし、記載から降下火砕物と判断されるものは両者に含めないこととした。

① 想定する火山現象

想定する火山現象を、噴火様式ごとに以下のように想定した。なお、十勝岳において火砕流・火砕サージの発生が確認されている噴火活動は、いずれもマグマ噴火であると考えられていることから、マグマ噴火のみこれらの現象を想定した。

- ・水蒸気噴火：小さな噴石及び火山灰の降下、大きな噴石の飛散
- ・マグマ噴火：小さな噴石及び火山灰の降下、大きな噴石の飛散、火砕流・火砕サージの流下、融雪型火山泥流の流下、溶岩流の流下、岩屑なだれの流下

② 想定する影響範囲

火砕流・火砕サージ：最も到達距離の長い 3,300 年前の噴火による火砕流堆積物の分布（藤原ほか、2007）から、火砕流の影響範囲は火口から概ね 6 km 以内と想定した。また火砕流から分離した火砕サージは、一般に火砕流の先端から数 km 程度先にまで到達することがある。これを考慮し、火砕流と火砕サージを合わせた影響範囲は火口から概ね 10 km 以内と想定した。

溶岩流：最も到達距離の長いグラウンド火口溶岩流の分布（藤原ほか、2007）から、溶岩流の影響範囲は火口から概ね 5 km 以内と想定した。

融雪型火山泥流：1926 年の噴火の事例（佐藤、1926）を踏まえ、影響範囲を居住地域までと想定した。

岩屑なだれ：4,700 年前、3,300 年前の噴火活動では、その堆積物の特徴からいずれも噴火の際

に火砕流と同時に山体崩壊が発生したと考えられている(藤原ほか、2007、2009)。両事例では、崩壊に伴う岩屑と考えられる岩片が火砕流堆積物中に含まれ、岩屑なだれ堆積物としてはっきり独立して存在してはいない。1926年の噴火による岩屑なだれも融雪型火山泥流を誘発しており、両者を明確に区別することは難しいものの、石塚ほか(2010)による1926年の岩屑なだれ堆積物の分布(大正火口から北西方向約1.7kmに渡る領域)を参考に、岩屑なだれの影響範囲としては、最大で火口から概ね2km以内と想定した。

大きな噴石: 1962年にマグマ噴火の数時間前に発生した水蒸気噴火では、600~700mあたりまでこぶし大の噴石が飛散しているのが確認されている(札幌管区气象台、1971)。このことから大きな噴石の飛散範囲も、少なくとも火口から700m未満に収まっていたと想像される。他火山の事例でも、焼岳1962年噴火(Murai、1962)や新潟焼山1974年噴火(茅原ほか、1977)、本白根山2018年噴火では大きな噴石の飛散距離は火口から1km以内に収まっており、水蒸気噴火による大きな噴石の飛散範囲は火口から概ね1km以内であることが多いようである。しかし、御嶽山2014年噴火(及川ほか、2015)では火口から1.2kmまで大きな噴石が飛散しており、1kmを超える範囲に飛散することもあり得る。以上を踏まえ、水蒸気噴火による大きな噴石の影響範囲は、基本的には火口から概ね1km以内であるが、稀なケースを考慮し概ね1.5km以内と想定した。

一方、1962年のマグマ噴火では、人頭大の噴石が火口から約1.2kmの地点に落下しているのが確認されており(札幌管区气象台、1971)、また勝井ほか(1963)では火山弾・火山礫・火山岩塊などの大型の噴出物の分布は火口から最大1.5kmに及んだと記載されている。よって、十勝岳における大きな噴石の飛散距離の履歴としては、火口から2km未満と考えてよさそうである。他火山の事例をみると、活発にブルカノ式噴火を繰り返す桜島の1955年以降の噴火活動では、ほとんどの噴石が火口から2km未満の範囲に飛散しているものの(内閣府、2004)、稀に2kmを超えて飛散する場合もある。十勝岳で1988年から1989年に繰り返した噴火様式はブルカノ式噴火に類似するとの指摘があり(勝井ほか、1989)、今後桜島と同程度噴石を飛散させる可能性は否定できない。また、火口縁上14,000mの噴煙が観測された三宅島2000年8月18日の噴火では、直径数10cmの噴石が陥没火口縁から最大で2.8km飛散した(産総研、2002)。こうした事例も考慮し、マグマ噴火による大きな噴石の影響範囲は火口から概ね3km以内と想定した。

なお、マグマ噴火の中でも溶岩流を流下させるような噴火は、過去1万年間の噴火事例では小規模(直径1km未満)な火砕丘を形成する場合はほとんどである。噴出物が火口の周りに堆積することで火砕丘が形成されることを考えると、少なくとも小さな噴石や火山灰より大きな噴出物のほとんどは概ね火砕丘の大きさと同じくらいの範囲に堆積すると推測される。これを踏まえると、十勝岳で溶岩流を流下させるような噴火に伴う大きな噴石の飛散距離は、せいぜい数100mである。このように、火砕丘を形成し溶岩流を流下させるような噴火の場合は、大きな噴石の飛散距離は数100mと考えられる。

小さな噴石や火山灰: 1962年噴火の際は、網走、羅臼、釧路周辺など山体の北東~南東方向へ約200kmに渡る広い範囲で降灰が確認されている(勝井ほか、1963)。また山体東方数10kmに渡っては、積もった火山灰の厚さが10数cmにおよび、また粒径も数mm程度あった(勝井ほか、1963)。1988-89年噴火の際は、1988年12月19日の噴火で山体の北東方向へ約150kmの網走で降灰が確認されたほか、山体の南東方向へ約100km、帯広市、音更町や本別町、阿寒町など

で降灰が確認された（札幌管区気象台ほか、1990）。このように、小さな噴石や火山灰は一般に風に乗って遠くまで運ばれることから、特に影響範囲は想定しないこととする。

火山ガス：1962年噴火では、山体の北西方向約15kmの上富良野町清富や、南東方向約20kmの新得町上トムラウシおよびトムラウシ、約40kmの鹿追町然別湖畔温泉などでSO₂による呼吸器などへの被害が発生している。特に上トムラウシでは、大気中のSO₂濃度で47.5ppmという値が観測された（石川ほか、1971）。このように、火山ガスは風等の影響も受けながら遠方まで広く拡散することがあるため、特に影響範囲は想定しないこととする。

(4) 想定のみとめ

想定する噴火場所、噴火様式、火山現象とその影響範囲を表1の通り整理した。

表1 想定される火山現象と影響範囲

噴火場所	噴火様式	火山現象	影響範囲
62-2 火口 及び大正火口とその周辺	水蒸気噴火	大きな噴石の飛散	火口から概ね1.5km以内
	マグマ噴火 (マグマ水蒸気噴火含む)	大きな噴石の飛散	火口から概ね3km以内
		火砕流・火砕サージの流下	火口から概ね10km以内
		溶岩流の流下	火口から概ね5km以内
		岩屑なだれの流下	火口から概ね2km以内
融雪型火山泥流の流下	居住地域まで		
様式問わず	小さな噴石や火山灰の飛散 火山ガスの放出	—	

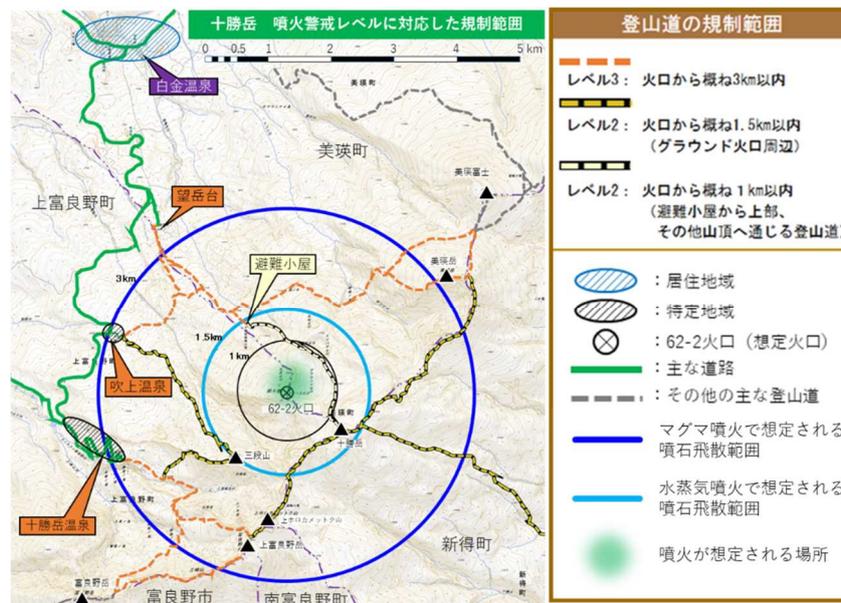


図2 十勝岳の想定噴火場所及び噴石による影響範囲
十勝岳噴火警戒レベルリーフレットから抜粋し、一部改変を加えた。

3 火山活動の時間的な推移

20 世紀に発生した 3 回のマグマ噴火活動（1926 年、1962 年、1988-89 年）では、いずれも類似した活動推移パターンが認められる。十勝岳噴火警戒レベル判定基準は、このパターンを前提として設定している。

① マグマ噴火の数～10 年前から徐々に熱活動が活発化する。

①' 熱活動が活発な中で、時に火口浅部で地震活動が活発化し、水蒸気噴火が発生することもある。

② マグマ噴火の 1～数ヶ月前になると、地震活動が活発化して山麓で揺れを感じるような振幅の大きな火山性地震（硫黄沢観測点で最大振幅 $2 \mu\text{m}$ 以上）が起こるようになる。

③ 最初のマグマ噴火の数時間前に、水蒸気噴火が先行して発生する場合がある。

④ 最初のマグマ噴火の後、数か月～数年にわたって断続的に噴火を繰り返す。

① について、過去のマグマ噴火活動 3 事例中すべてで、最初のマグマ噴火の数～10 年前から熱活動の活発化が認められている。活発化し始めてから噴火活動開始までの期間は 3 事例で多少異なり、1926 年噴火や 1988-89 年噴火の際は数年前、1962 年噴火の際は約 10 年前からと長期間だった。また、過去 3 事例中すべて、熱活動の活発化に伴って水蒸気噴火が発生している（①'）。事例としては、1952 年から 1959 年に昭和火口で頻発した水蒸気噴火や 1985 年に 62-1 火口で発生した水蒸気噴火が挙げられる。1985 年の水蒸気噴火の約 1 ヶ月半前や数日前には、火口浅部で地震活動の活発化が確認されている。水蒸気噴火前に火口浅部における地震活動が活発化する現象は、他火山（御嶽山 2014 年噴火など）でも確認されている。また、水蒸気噴火に先行した地震活動の活発化に前後して、山体の膨張を示唆する地殻変動が観測された事例もある。箱根山 2015 年噴火では、山体の膨張を示唆する地殻変動が継続する中で地震活動が活発化し、その後ごく小規模な噴火が発生した。十勝岳においても、噴火は発生しなかったものの、火山性地震が増加する中で GNSS 連続観測によって山体浅部が膨張するような地殻変動が捉えられた事例（2015 年）がある。水蒸気噴火前に、この事例と同様またはこれを上回る現象が観測される可能性はある。

② について、過去 3 事例すべてで、噴火の 1～数ヶ月前になると、地震活動が活発化し山麓で揺れを感じるような振幅の大きな火山性地震（目安としては硫黄沢観測点で最大振幅 $2 \mu\text{m}$ 以上）が起こるようになった。これらの地震は、普段火口浅部で定常的に発生しているものとは異なり、山体地下のやや深いところで発生しているものである。マグマ噴火に先行して、揺れを感じるような振幅の大きな火山性地震が発生する事例は、有珠山や三宅島、伊豆大島など、他火山でも確認されている。これらの事例では、振幅の大きな火山性地震の多発と共に地殻変動も観測されている。十勝岳でも、噴火の数日前に山頂付近で亀裂が確認された事例（1962 年）があることから、噴火に先行して地殻変動が観測される可能性はある。しかし、過去 3 事例いずれも地殻変動観測のデータがないことから、実際に噴火前に地殻変動が観測され得るのか、観測されるとしたらどのような変動となるのか、検討するのは困難である。

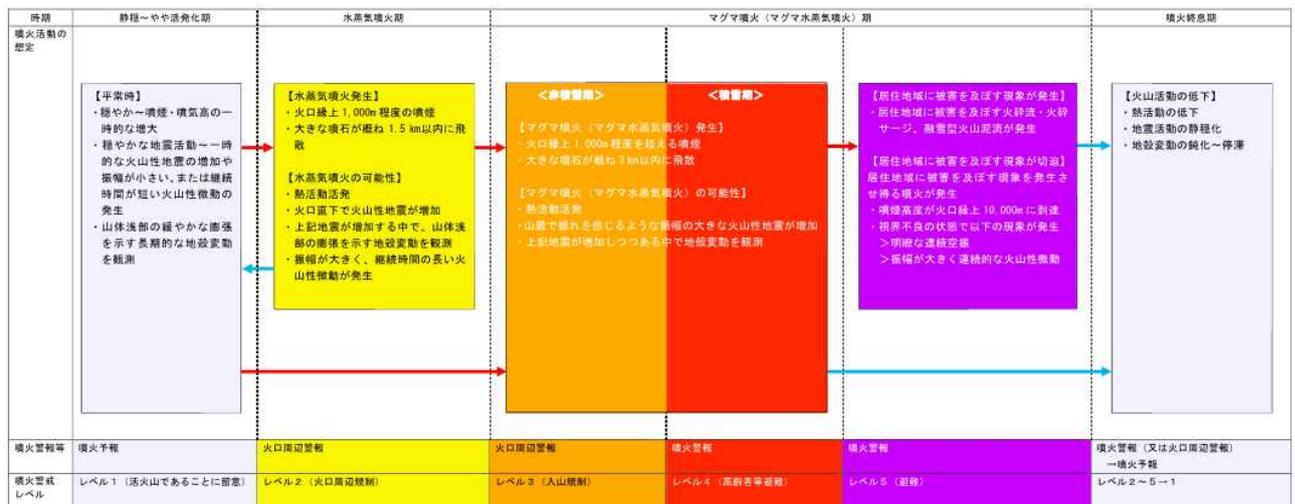
③ について、過去 3 事例中 2 事例で、マグマ噴火の数時間前に水蒸気噴火が先行して発生している。今後も同様の現象が起こる可能性は否定できない。マグマ噴火の可能性が高まっている中で、水蒸気噴火が発生した場合は、その直後にマグマ噴火が発生しないかどうか、特に注視する必要がある。

④ について、マグマ噴火後は過去 3 事例すべて、ある程度の期間断続的に噴火を繰り返しながら、

徐々に熱活動や地震活動が低下していった。ただ、その期間は3事例様々である。1926年噴火の際は、一連で最大規模の噴火が発生した後しばらくは噴火がなく、約3ヵ月半後に再び噴火が発生してから約2年間、断続的に噴火を繰り返した。一方、1962年噴火では、一連で最大規模の噴火が発生した直後から約2ヵ月間断続的に噴火を繰り返し、さらにその1ヶ月後には地震活動が低下した。1988-89年噴火の場合は、1988年12月に噴火が発生して以降、約3ヵ月半に渡って断続的に噴火を繰り返し、さらにその後約1年かけて熱活動や地震活動が低下した。

4 噴火警戒レベルの区分け

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（具体的には表1の下線で示した現象）の危険が及ぶ範囲を元に設定している。



※噴火警戒レベルは、順番に引上げになるとは限らない

図3 十勝岳の火山活動推移を踏まえた噴火シナリオ

(1) レベル1（活火山であることに留意）

火山活動は概ね静穏な状態である。ただし、火山性地震の増加、火山性微動の発生、噴煙噴気の高さの増大など一時的に活動が高まることもあり、状況によっては火山ガスの放出や火口内に影響する程度の火山灰の噴出が起こることもある。

(2) レベル2（火口周辺規制）

火口から概ね1.5km以内に影響を及ぼす水蒸気噴火が発生した状態、振幅が大きく継続時間の長い火山性微動が発生するなど、水蒸気噴火が切迫した状態、熱活動が高まった中で火口直下において火山性地震が増加し、場合によっては地殻変動も観測されるなど、水蒸気噴火の可能性が高まった状態を、レベル2の状態と位置付ける。

(3) レベル3（入山規制）

火口から概ね3km以内に影響を及ぼすマグマ噴火が発生した状態、熱活動が高まった中で、振幅の大きな火山性地震が増加し、場合によっては地殻変動も観測されるなど、マグマ噴火の可能性が高まった状態をレベル3の状態と位置付ける。

噴火が発生した場合、山麓に影響する火山ガスや火山灰の噴出が起こることがある。

(4) レベル4（高齢者等避難）

居住地域に重大な影響を及ぼす噴火の可能性が高まっている状態である。居住地域に重大な影響

を及ぼす噴火とは、居住地域に達し得る火砕流・火砕サージや融雪型火山泥流を伴うマグマ噴火である。上記の「噴火の可能性が高まっている状態」は様々想定されるが、高齢者等の要配慮者の避難、住民の避難準備を行うのに妥当な状況となると、予測精度との兼ね合いを考慮しつつも十分な時間的猶予が担保されていなければならない。火砕流・火砕サージや融雪型火山泥流は、発生してから居住地域に到達するまでの猶予時間が短い。また噴火前に、それらの発生の有無や到達距離を判断することは困難であり、高齢者等の要配慮者の避難、住民の避難準備が妥当と想定できる状況は限られる。十勝岳においては、融雪型火山泥流で想定される影響範囲が非常に広く、猶予時間が短いことや到達距離の判断が難しいことを考えると、可能性が少しでも考えられる時点で早めに高齢者等の要配慮者の避難、住民の避難準備を行う必要がある。そこで積雪期の間は、マグマ噴火が発生した、あるいはその可能性が高まったと判断できた時点（レベル3の状態と判断された時点）をレベル4と位置付ける。

(5) レベル5（避難）

居住地域に重大な影響を及ぼす現象（火砕流・火砕サージ及びそれらに伴う融雪型火山泥流）が発生した状態、又は切迫している状態である。

上記の現象が切迫している状態とは、噴煙高度が火口縁上 10,000mに達するような噴火が発生した状態やマグマ噴火のリスクが高い中で明瞭で連続的な空振、あるいは振幅の大きな火山性微動が観測されるなど、火砕流・火砕サージを発生させる可能性が高いと考えられる噴火が発生した状態である。

火砕流・火砕サージや融雪型火山泥流の最終的な到達距離（影響範囲）を事前に予測することは困難である。一方、流下速度は非常に速く、迅速な防災対応が求められる。可能な限り時間的猶予を担保するために、それらの現象の発生を確認した時点で、あるいは火砕流・火砕サージを発生させる可能性が高い噴火が発生した時点で、居住地域へ到達する可能性を否定できない状態であるとみなし、レベル5と位置付ける。

5 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

判定基準の設定は、1964年4月以降の硫黄沢や避難小屋東観測点の地震観測や遠望観測データ、現地調査の結果に基づき検討を行った。1964年以前の噴火事例（1926年、1962年）については当時の観測・調査の記録等を、有史以前の活動に関しては地質調査等による研究成果を参考とした。これら十勝岳の活動実績に関する記録のほか、他火山の事例も参考とした。

なお、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には、それらを加味した火山活動の評価を行い、以下に示す判定基準によらずレベルを判断することがある。また、火山活動に低下傾向が認められたと判断してレベルを下げた後に、再び火山活動が高まる傾向に転じたと判断される場合には、引上げ基準に達していなくても元のレベルに戻す場合もある。

【レベル2】

(判定基準)

＜火口から概ね 1.5 km の範囲に影響を及ぼす噴火が発生＞

①噴火が発生し、火口から概ね 1.5km 以内に大きな噴石が飛散

②噴火が発生し、高さが火口縁上 1,000m 程度の噴煙を観測

＜火口から概ね 1.5 km の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性＞

- ①噴煙・噴気の高さの増大や火口温度の明瞭な上昇、またはそのいずれかの高い状態が認められている中で、以下の現象を観測
- ・火口直下で火山性地震が 150 回/24 時間を超える
 - ・火口直下で火山性地震が増加する中で山体浅部の膨張を示す地殻変動を観測
- ②避難小屋東観測点で最大振幅 1 μm 以上かつ 10 分以上継続する火山性微動を観測

(引下げ基準)

- ・上記の基準を満たさなくなった場合には、概ね 1 ヶ月経過した段階でレベル 1 に引き下げる。

●解説

(判定基準)

<火口から概ね 1.5 km の範囲に影響を及ぼす噴火が発生>

- ①レベル 2 の警戒範囲は火口から概ね 1.5 km 以内（活動状況によっては概ね 1 km 以内）であることから、その範囲内に噴火による大きな噴石が飛散した場合レベル 2 に引き上げる。
- ②雌阿寒岳の水蒸気噴火の事例^{*)}を参考にすると、噴煙高度が火口縁上 1,000m を超えるような噴火による大きな噴石の飛散範囲は、火口から 1 km の範囲にまで達する可能性がある。この知見を踏まえ、噴煙高度が火口縁上 1,000m 程度にとどまる場合は、大きな噴石が 1.5km を超えて飛散する可能性は非常に低いと考えられる。よって、火口縁上高さ 1,000m 程度の噴煙を観測した場合にレベル 2 に引き上げる。

<火口から概ね 1.5 km の範囲に影響を及ぼす噴火の可能性>

- ①火口から概ね 1.5 km の範囲に影響を及ぼすような噴火として、水蒸気噴火が想定される。十勝岳では、マグマ噴火に至る前に数年にわたり熱活動の活発化がみられ、その中で水蒸気噴火が発生している。1985 年の水蒸気噴火の際も数年前から熱活動が活発化する中で、噴火の約 1 ヶ月半前や数日前に火口浅部で地震活動が活発化した。噴煙・噴気の高さの増大や火口温度の明瞭な上昇がみられたり、そのいずれかが高い状態を維持している場合は熱活動が高まっていると考えられ、その中で火口直下で発生する火山性地震が平常時を大きく上回って増加した場合は、水蒸気噴火が発生する可能性が高まっていると判断しレベル 2 に引き上げる。平常時を大きく上回ったと判断する目安は、過去の活動実績に基づき 150 回/24h とした。また、2015 年に山体の膨張を示唆する地殻変動と火口直下での地震活動の活発化が同時期に観測された。この地殻変動は、十勝岳で 2006 年頃から観測されている山体浅部の膨張を示唆する長期的な地殻変動と比較して、やや急な変動であり、この時は噴火には至らなかったものの、噴火の可能性が一時的に高まっていた可能性はある。地震活動が活発化している中で山体浅部の膨張を示す地殻変動が観測された場合も、水蒸気噴火が発生する可能性が高まっていると判断しレベルを引き上げる。
- ②噴火に関連して観測される火山性微動は、平常時に観測される火山性微動よりも最大振幅が大きく、継続時間が長くなる傾向がある。1968 年 12 月以降、平常時に観測される火山性微動で、最大振幅 1 μm 以上かつ継続時間 10 分以上となった事例はなく、これを上回る火山性微動は、いずれも 1988-89 年噴火に伴う火山性微動である。よって最大振幅 1 μm 以上かつ継続時間 10 分以上となるような火山性微動が観測された場合には、噴火が切迫している、あるいはすでに発生した可能性が非常に高いと考えられるため、レベル 2 とする。

*) 雌阿寒岳 1956 年噴火では火口縁上 1,000m を超えない噴煙で直径約 40 cm の岩塊が 1.1~

1.2 km地点に落下し、1959年噴火では噴煙高度800~1,000mで30cmの岩塊が約450m飛散したことが報告されている（横山ほか、1976）。

（引下げ基準）

レベル2の段階で、噴火の発生がなく、または噴火が終息し、熱活動や地震活動に低下傾向が認められるか、地殻変動に停滞または鈍化の傾向が認められる状態が約1ヶ月継続した場合、レベル1へ引き下げる。なお、十勝岳の過去の噴火活動では、1926年噴火を除けば1ヶ月以上間をあけて噴火を繰り返したことはなく、長くとも1988-89年噴火の際に27日間あけて噴火が発生した事例が1例存在するのみである。よって、約1ヶ月の間噴火が発生せず火山活動に活発化が認められなければ、再び噴火が発生する可能性は低いと考えた。ただ、1926年噴火では一連の噴火活動が終息するまで、1ヶ月半~9ヵ月ほどの間隔をあけて噴火を繰り返している。こうした事例も考慮し、一旦レベルを引き下げた後で、再び火山活動が高まる傾向に転じたと判断される場合には、引上げ基準に達していなくてもレベル2に引き上げる場合がある。

【レベル3】

（判定基準）

＜火口から概ね3kmの範囲に影響を及ぼす噴火が発生＞

- ①噴火が発生し、火口から概ね3km以内に大きな噴石が飛散
- ②噴火が発生し、噴煙の高さが火口縁上1,000m程度を超える

＜火口から概ね3kmの範囲に影響を及ぼす噴火の可能性＞

噴煙・噴気の高さの増加や火口温度の明瞭な上昇、またはそのいずれかの高い状態が認められている中で以下の現象を観測

- ・硫黄沢観測点で最大振幅2 μ m以上の火山性地震が増加（30日積算で5回以上）
- ・硫黄沢観測点で最大振幅2 μ m以上の火山性地震が発生している中で地殻変動を観測

（引下げ基準）

- ・上記基準を満たさなくなった場合には、概ね1ヶ月を経過した段階でレベル2以下へ引き下げる。

●解説

（判定基準）

＜火口から概ね3kmの範囲に影響を及ぼす噴火が発生＞

- ①レベル3の警戒範囲は火口から概ね3kmであることから、その範囲内に噴火による大きな噴石が飛散した場合レベル3に引き上げる。
- ②レベル2判定基準の解説で述べた通り、噴煙高度が火口縁上1,000m程度を超える噴火では大きな噴石の飛散範囲は1kmに達する可能性があり、1.5kmを越える可能性も否定できないことから、レベル3に引き上げる。

＜火口から概ね3kmの範囲に影響を及ぼす噴火の可能性＞

火口から概ね3kmの範囲に影響を及ぼすような噴火として、マグマ噴火が想定される。1988-89年のマグマ噴火の事例では、1980年頃から徐々に噴気が増大や火口温度の上昇などがみられ、熱活動が高まった状態が続く中、マグマ噴火の数ヶ月前から振幅の大きな（硫黄沢観測点で2 μ m以上）火山性地震が増加した。これらの地震は、普段火口直下で発生しているものとは異なり、山体地下のやや

深いところで発生したものであると考えられる。このような振幅の大きな地震の活動は1926年、1962年のマグマ噴火前にも確認されており、地表へ向けたマグマの上昇によって引き起こされた可能性がある。よって、熱活動が高まった中で振幅の大きな地震が観測された場合は、マグマ噴火の可能性が高まっていると判断しレベル3に引き上げる。また、十勝岳ではマグマ噴火前の地殻変動の観測記録はないが、1962年噴火の数日前には火口周辺に新たな多数の亀裂を生じたという記録が残っており（札幌管区气象台、1971）、地殻変動が起こっていた可能性は否定できない。他火山（有珠山など）でも、噴火に向けたマグマの上昇等により、地震活動の活発化と共に地殻変動が観測されることはあり、十勝岳でも地震活動と共に地殻変動が観測される可能性はある。よって、振幅の大きな地震を観測している中で地殻変動が観測された場合も、マグマ噴火の可能性が高まっていると判断しレベル3に引き上げる。

(引下げ基準)

レベル3に引き上げたあと、噴火の発生がなく、または噴火が終息し、噴煙・噴気活動や火口温度など熱活動に低下傾向が認められるか、もしくは地震活動に低下傾向が認められる状態が約1ヶ月経過した場合、レベル2以下へ引き下げる。

【レベル4】

(判定基準)

<居住地域に被害を及ぼす噴火の可能性>

積雪期に噴火警戒レベル3の判定基準を満たした場合

(引下げ基準)

・噴火警戒レベル3の判定基準を満たさなくなってから、概ね1ヶ月経過した段階でレベル2以下へ引き下げる。

●解説

(判定基準)

<居住地域に被害を及ぼす噴火の可能性>

一般に、火砕流・火砕サージの発生を事前に予測することは非常に困難である。融雪型火山泥流の切迫性を考慮し、迅速な防災対応を可能とするためには、積雪期の間はマグマ噴火のリスクが高まった時点でレベル4に引き上げる。十勝岳では、居住地域に被害を及ぼすようなマグマ噴火の前にやや規模の小さな噴火を起こす場合があることから、レベル3の影響範囲におさまることが明白な噴火であっても、発生した時点でレベル4に引き上げる。また、熱活動が高まった中で、山麓等で揺れを感じる程度の振幅の大きな火山性地震が増加し、場合によっては地殻変動も観測されたりする状態になった場合はマグマ噴火のリスクが高まったと判断してレベルを引き上げる。

なお非積雪期においても、今までに経験のないような火山活動が観測される等、火砕流・火砕サージを発生させる可能性が非常に高い噴火の可能性が高まっていると判断された場合にはレベル4に引き上げるが、現時点で判定基準を設定することは困難である。

(引下げ基準)

レベル4に引き上げたあと、噴火の発生がなく、または噴火が終息し、かつ噴火警戒レベル3の判定基準を満たさなくなった状態が約1ヶ月経過した場合、レベル2へ引き下げる。噴火警戒レベル3の判定基準を満たさなくなった状態とは、噴煙・噴気活動や火口温度など熱活動に低下傾向が認められるか、もしくは地震活動に低下傾向が認められる状態である。また、火山性微動と同期して傾斜変動が観測されたことでレベル4に引き上げた場合には、その後発生した噴火の影響範囲が噴火警戒レベル3の警戒範囲に満たないことが明白である、あるいは火山活動に活発化の傾向が認められない場合は、レベル2以下へ引き下げる。

【レベル5】

(判定基準)

<居住地域に被害を及ぼす火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流が発生>

・火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流が発生

<居住地域に被害を及ぼす火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流が切迫>

①噴火が発生し、噴煙の高さが4,000mを超え、さらに上昇

②レベル3またはレベル4の状態、噴煙の状況が確認できない中、明瞭な連続空振や振幅の大きな火山性微動が観測された場合

(引下げ基準)

・発生した現象の影響範囲と火山活動の推移を評価した上で、警戒範囲の縮小や適切なレベルへの引下げを行う。

●解説

(判定基準)

<居住地域に被害を及ぼす火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流が発生>

火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流の到達距離を発生直後に予測することは極めて困難である。時間的猶予を考慮すると、それらの発生を確認した時点で居住地域へ到達する可能性は否定できないと判断しレベル5に引き上げる。

<居住地域に被害を及ぼす火砕流・火砕サージ、融雪型火山泥流が切迫>

一般に、火砕流・火砕サージの発生を事前に予測することは困難であるが、火山学的知見に基づくと、噴煙高度が火口縁上10,000mに達するようなマグマ噴火の場合、噴煙柱崩壊型の火砕流・火砕サージの発生する可能性がより高まると考えられている。そのような噴火が発生した可能性がある場合はレベル5に引き上げる。

①時間的猶予を考慮すると、10,000mまで噴煙が上昇するのを待つことなく、4,000m程度を超えてもなお上昇する傾向が認められた時点で、噴煙が10,000mまで上昇する可能性が高いと判断し、レベル5に引き上げる。

②1962年に高度12,000m(海拔)の噴煙が観測された準プリニー式噴火では、噴火直後から振幅が大きく連続的な火山性微動が観測され(札幌管区气象台、1971)、また十勝岳から60kmほど離れた地点で空振を感じている(石川ほか、1971)。また他火山では、新燃岳で2011年1月に発生した、噴煙高度が火口縁上約7000mに達する(新堀ほか、2013)準プリニー式噴火の際に、連続的にかつ徐々

に振幅が大きくなるような空振が観測されている（福岡管区気象台・鹿児島地方気象台、2013）。このように、噴煙高度が火口縁上 10,000m級の噴火が発生した際には、振幅が大きく連続的な火山性微動が発生したり、明瞭かつ連続的な空振が観測されたりすることがある。

マグマ噴火の可能性が高まっているレベル3以上の状態の中で、明瞭な連続空振や振幅の大きな火山性微動が観測された場合、噴煙高度が火口縁上 10,000mに達するような噴火かどうかを迅速に判断する必要がある。何らかの要因により噴煙の状態を確認できない状態の場合、迅速な判断が難しくなるため、そうした空振や火山性微動が観測された時点で直ちにレベル5に引き上げる。

（引下げ基準）

十勝岳における過去3事例のマグマ噴火活動では、最初のマグマ噴火以降の活動推移（噴火の発生間隔や規模の推移、噴火様式など）に大きな違いがある。そのため、マグマ噴火が発生してレベル5に引き上げた場合には、一連の噴火活動が終息するまでは、レベル引き上げのきっかけとなった現象の影響範囲や、その後の活動推移や噴火様式などを評価した上で、適切なレベルへの引下げ、引下げ後のレベル5への再引上げなどについてその都度判断する必要がある。

6 今後検討すべき課題

今後も、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。
- ②レベル2の火口直下での地震活動および火山性微動の数値基準は、避難小屋東地震観測点における観測データを基本に設定したが、この観測点で噴火を捉えたのは2004年に発生した2回のごく小規模な噴火のみで、経験に乏しい。マグマ噴火前に現れるような水蒸気噴火を経験した場合には、観測される地震や火山性微動の発生状況から基準を見直す必要がある。
- ③噴火に関連した地殻変動の観測データの蓄積がほとんどなく、抽象的な基準設定に留まった。これから取得される地殻変動データの蓄積に加え、これまでに蓄積した噴火に関連しないデータの定性的あるいは定量的解析の結果も活用しながら、具体的な基準設定のための検討を進める必要がある。
- ④今後、噴煙高度が火口縁上 10,000mに達するような噴火について、十勝岳や他火山における過去の機械観測事例をより一層検証し、具体的な数値基準の設定を目指す。

引用文献

- 茅原一也・鈴木光剛・小林一三（1977）1974年新潟焼山火山の爆発に伴う土石流. 新潟大学地盤災害研究所年報, **3**, 1-15.
- 福岡管区气象台・鹿児島地方气象台（2013）2011年霧島山新燃岳の噴火活動. 験震時報, **77**, 65-96.
- 藤原伸也・中川光弘・長谷川撰夫・小松大祐（2007）北海道中央部、十勝岳火山の最近3,300年間の噴火史. 火山, **52**, 253-271.
- 藤原伸也・石塚吉浩・山崎俊嗣・中川光弘（2009）十勝岳北西麓で新たに発見された4,700年前の火砕流堆積物と十勝岳の完新世の活動の再検討. 火山, **54**, 253-262.
- 石川俊夫・横山 泉・勝井義雄・笠原 稔（1971）十勝岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策. 北海道における火山に関する研究報告書第1編. 北海道防災会議, 136p.
- 石塚吉浩・中川光弘・藤原伸也（2010）十勝岳火山地質図. 産業技術総合研究所.
- 勝井義雄・高橋俊正・大場与志男・平井喜郎・岩永将暉・西村 豪・曾屋竜典・伊藤 宏（1963）十勝岳1962年の噴火. 岩鉱, **49**, 213-226.
- 勝井義雄・横山 泉・岡田 弘・大島弘光（1989）十勝岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策, 補遺. 北海道における火山に関する研究報告書第11編. 北海道防災会議, 87p.
- Murai, I. (1962) Brief Note on the Eruption of the Yake-dake Volcano of June 17, 1962. Bull. Earthq. Res. Inst., **40**, 805-814.
- 内閣府（2004）富士山ハザードマップ検討委員会, 報告書.
- Okada, H., Nishimura, Y., Miyamachi, H., Mori, H. and Ishihara, K. (1990) Geophysical Significance of the 1988-1989 Explosive Eruptions of Mt. Tokachi, Hokkaido, Japan. Bull. Volcanol. Soc. Japan, **35**, 175-203.
- 及川輝樹・山岡耕春・吉本充宏・中田節也・竹下欣宏・前野 深・石塚吉浩・小森次郎・嶋野岳人・中野 俊（2015）御嶽山2014年噴火. 火山, **60**, 411-415.
- 佐藤戈止（1926）十勝岳爆発概要. 地学雑誌, **38**, 513-518.
- 札幌管区气象台（1971）十勝岳火山活動報告.
- 札幌管区气象台（1989）災害時火山現象速報, 昭和63年12月から平成元年1月の十勝岳噴火に関する火山現象.
- 札幌管区气象台・旭川地方气象台（1990）災害時火山現象調査報告, 昭和63年12月から平成元年3月5日までの十勝岳噴火に関する火山現象.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター（2002）三宅島2000年8月18日噴火イベントの経過と噴出物. 日本噴火予知連絡会会報, **78**, 98-103.
- 新堀敏基・桜井利幸・田原基行・福井敬一（2013）気象レーダー・衛星による火山噴煙観測, -2011年霧島山（新燃岳）噴火の事例-. 験震時報, **77**, 139-214.
- 横山 泉・勝井義雄・江原幸雄・小出 潔（1976）雌阿寒岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策. 北海道における火山に関する研究報告書第5編. 北海道防災会議, 138p.