

アトサヌプリ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

アトサヌプリでは、過去 1 万年間に複数回の水蒸気噴火やマグマ噴火が発生してきたことが地質調査等により明らかにされている。このことから、水蒸気噴火及びマグマ噴火を想定して基準を設定する。

①噴火場所：現在の噴気活動及び過去のマグマ噴火の発生場所から、以下の 2 種類の火口域を想定（図 1 参照）。

- ・水蒸気噴火：アトサヌプリ（硫黄山）及びその周辺の地熱域
- ・マグマ噴火：2001 年公表のアトサヌプリ火山防災マップの「想定火口範囲」として示されている、アトサヌプリ（硫黄山）及びマクワンチサップ周辺（以下、「想定火口域」と記す）

②噴火の区分とその影響（表 1）

噴火場所	噴火様式	影響範囲（図 1 参照）	噴火に伴う現象
アトサヌプリ （硫黄山）及び その周辺の地 熱域（図 1 左）	水蒸気噴火	火口から 500m 以内 （大きな噴石）	大きな噴石、小さな噴石、 降灰、空振
		火口から 1.5km 以内 （大きな噴石）	大きな噴石、小さな噴石、 降灰、空振、火山泥流
想定火口域 （図 1 右）	水蒸気噴火 （マグマ噴火の 先駆現象）	火口から 1.5km 以内 （大きな噴石）	大きな噴石、小さな噴石、 降灰、空振、ベースサー ジ、火砕流、火山泥流、溶 岩流・溶岩ドーム
	マグマ噴火 マグマ水蒸気噴 火	火口から最大 6 km 以内 （火砕流、ベースサージ）	

「大きな噴石」とは、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ものをいう。

- ・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る。空振も、影響範囲を超えて広範囲に伝わる。

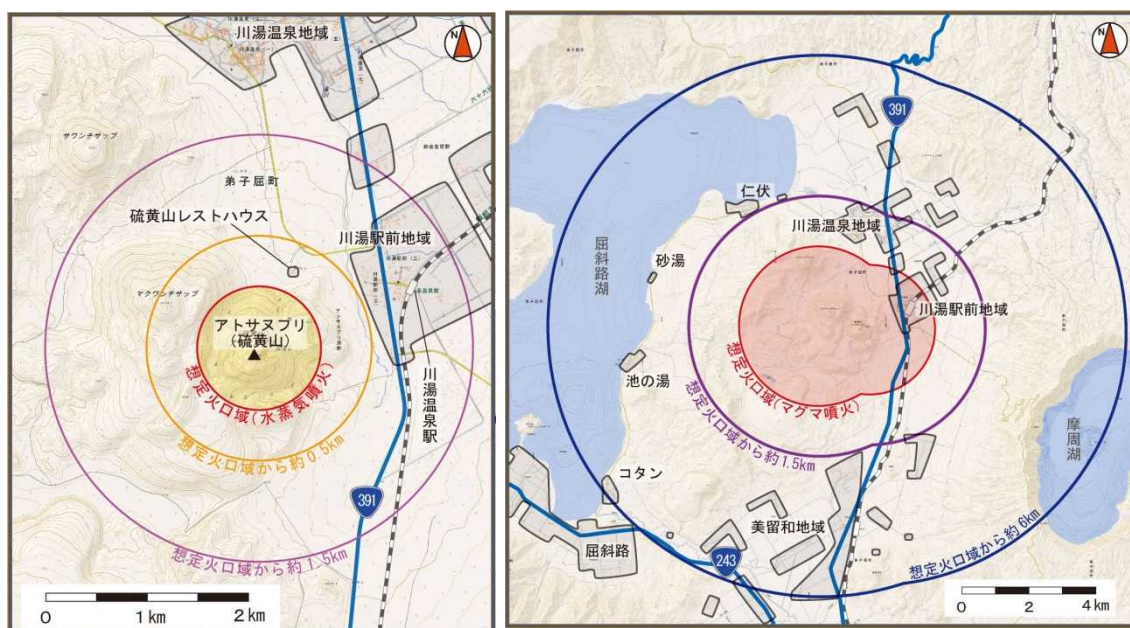


図1 アトサヌプリの想定噴火場所及びその影響範囲

(噴火警戒レベルリーフレットより)

左：水蒸気噴火 右：マグマ噴火

2 噴火活動の時間的な推移

アトサヌプリでは、水蒸気噴火(最新の水蒸気噴火は300~400年前とされる。最近約2700年間に少なくとも7回発生)やマグマ噴火(最新のマグマ噴火は約1500年前とされる)が繰り返し発生してきたことが地質調査等により明らかにされているため、次の噴火についてもこれまでと同様に水蒸気噴火とマグマ噴火の両方を想定している。

アトサヌプリの噴火活動については詳細な記録や地球物理学的観測データがないことから、水蒸気噴火に関しては、アトサヌプリの最近の活動状況を踏まえつつ、近年、他火山において発生した水蒸気噴火に至る活動状況(地震活動、地殻変動、噴煙増加、地表面温度上昇などの火山活動の高まり)も参考にする。

マグマ噴火に関しては、他火山の事例(マグマの粘性が高く、溶岩ドームを形成するという点に着目した有珠山1943-45年噴火や雲仙岳1990-95年噴火など)における、深部からのマグマ供給→浅部へのマグマ上昇→ごく浅部へのマグマ上昇(水蒸気噴火が発生する場合もある)→溶岩ドームの形成という推移等を参考にする。

3 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。

アトサヌプリ(硫黄山)は山体が小さく、アトサヌプリ(硫黄山)から一番近い居住地域まで約600mと近接しており、他の火山では火口周辺に影響を及ぼす程度の噴火でも即座に居

住地域の被害につながる可能性がある。そのため、他の多くの火山と比べて小さな現象でもレベルを引き上げることとなる。

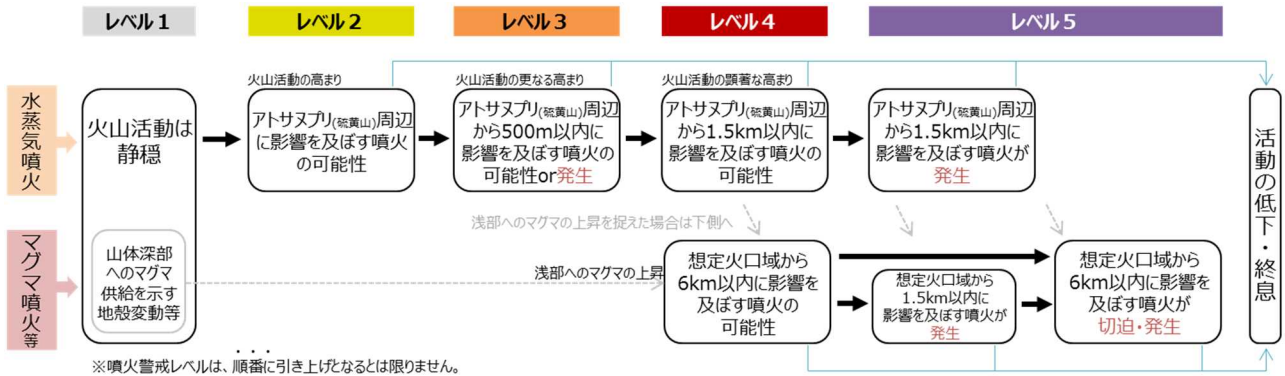


図2 アトサヌプリの噴火シナリオと噴火警戒レベルの概要

①レベル1（活火山であることに留意）

火山活動は静穏。（噴気温度は沸点程度、高度は 100m程度と噴気活動は弱い。地震活動は、時々 1 日あたり 10 回程度の微小な火山性地震が発生することもあるが、通常は 1 日あたり数回以下と少ない状態）

山体深部へのマグマ供給を示す地殻変動を観測。

②レベル2（火口周辺規制）

地震活動や熱活動の高まり等が認められ、アトサヌプリ（硫黄山）周辺に影響を及ぼす噴火の可能性はある。

③レベル3（入山規制）

居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から 500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火が発生。または、地震活動や熱活動の高まり等が認められ、居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から 500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火の可能性はある。

④レベル4（高齢者等避難）

火山性地震の急増・規模の増大等が認められ、居住地域の一部（アトサヌプリ（硫黄山）から 1.5km 以内）もしくは居住地域の広範囲（火口から 6 km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火の可能性はある。

⑤レベル5（避難）

居住地域の一部（火口から 1.5km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生。

また、火山活動が拡大し、有感地震の多発や顕著な地殻変動等により、居住地域の広範囲（火口から 6 km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火が切迫あるいは発生。

4 噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

【レベル2】

(判定基準)

レベル1の段階で、次の現象が観測された場合にレベル2に引き上げる。

<①アトサヌプリ（硫黄山）周辺に影響を及ぼす噴火の可能性>

(次の現象が観測された場合)

- ・ 山体浅部を震源とする火山性地震の増加（任意の24時間で100回以上）

(次の4つの条件のうち2つ以上の条件を満たす場合)

- ・ 上記基準には達しない程度の火山性地震の増加した状態が継続
- ・ 山体浅部で低周波地震又は火山性微動がまとまって発生
- ・ 山体浅部のわずかな膨張を示す地殻変動
- ・ 火口からの噴煙（噴気）の増加又は地表面温度の上昇

(引き下げ基準)

レベル2の段階で、「噴火の発生がなく、上記①で示した条件を満たさなくなってから概ね2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)

アトサヌプリにおける火山性地震の回数については、2010年の常時観測開始以降では任意の24時間に24回（2010年10月の事例）が最大である。過去の機動観測では1日あたり数十回地震を観測した例もみられるが、その際も噴火の発生はなく、その他の観測データに特段の変化は認められなかった。これらを参考に、火山性地震が「任意の24時間に100回以上」を引き上げ基準とする。なお、火山性地震の増加に関しては、雌阿寒岳（2006年・2008年噴火）、御嶽山（2007年・2014年噴火）の各事例でも水蒸気噴火発生の前に観測されている。

また、火山性地震の増加のほか、他の火山の水蒸気噴火の事例において先駆現象として以下の現象（火山性微動、低周波地震、山体浅部の膨張を示す地殻変動、噴煙・噴気の増加や地表面温度の上昇）が観測されている。アトサヌプリにおいてこれらの現象が直接噴火に結びつくかどうかの知見がないこと、また、連続的に観測できない項目もあることから、複数の項目が観測された場合の引き上げ基準とする。

- ・ 御嶽山（2007年噴火・2014年噴火）では低周波地震が観測された。また、御嶽山（2007年噴火）や雌阿寒岳（2008年噴火）では、火山性微動の増加が観測された。
- ・ 箱根山（2015年噴火）や御嶽山（2007年噴火・2014年噴火）では、傾斜観測やGNSS観測で山体膨張を示す変化が観測された。
- ・ 箱根山（2015年噴火）では、現地調査で大涌谷の温泉供給施設で蒸気が勢いよく噴出しているのが確認された。
- ・ 雌阿寒岳（2008年噴火）では、現地調査で噴気孔の温度上昇や地熱域の拡大が観

測された。

(引き下げ基準)

レベル2からレベル1への引き下げについては、噴火がなく、上記①で示した条件を満たさなくなった場合に、概ね2ヶ月活動経過を見てレベル1に引き下げる。他火山（例えば、雌阿寒岳の2006年噴火や2008年噴火）において、地震が一時的に増加した後、一旦落ち着いてから1ヶ月程度経過して噴火した事例もあること、他の火山においても活動経過を見る期間は1～2ヶ月としている場合が多いことから、安全を見て概ね2ヶ月活動経過を見ることとする。

なお、①のうち第2項の複数条件によってレベルを引き上げた場合、全ての条件を満たさなくなる必要はなく、該当項目が1つになった場合に引き下げ条件を満たすこととする。また、地殻変動や熱活動の高まりは長く続くことがあるので、それらに拡大傾向がないことを確認する。

【レベル3】

(判定基準)

次の現象が観測された場合に、レベル3に引き上げる。

<①居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火の可能性>

(次の現象が観測された場合)

- ・火山性地震が増加している状態で、火山性微動の振幅増大又は山体浅部の膨張を示す地殻変動又は熱活動の高まりが観測されるなど、火山活動に更なる高まりが認められる場合

<②居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火が発生>

(次のいずれかの現象が観測された場合)

- ・大きな噴石が火口から500m以内に飛散
- ・高さ数100m以下の有色噴煙を放出する噴火の発生（火口周辺への火山灰の噴出を含む）
- ・火山性微動が発生し、空振（川湯観測点で20Pa未満）を伴う場合〔視界不良により表面現象が確認できない場合〕

(引き下げ基準)

レベル3の段階で、噴火がなく（又はなくなり）、上記①で示した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は、レベルを引き下げる。

●解説

(判定基準)

①居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火の可能性がある場合には、レベル3に引き上げる。レベル2に引き上げた状況で、更なる火山活動の高まりがみられた場合（火山性地震が増加している状態で、火山性微動の振幅増大又は山体浅部の膨張を示す地殻変動又は熱活動の高まりが観測されるなど、さらに新たな段階になったと考えられる状態）を引き上げ基準とする。

②居住地域が火口に近いアトサヌプリの場合、小規模な噴火であってもレベル3以上に引き上げることとしている。居住地域の近くまで（アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内にとどまる）重大な影響を及ぼす噴火が発生した場合は、レベル3に引き上げる。大きな噴石が火口から500m以内に飛散したことを観測した場合のほか、高さ数100mの有色噴煙の放出（火口周辺への火山灰の噴出を含む）を観測した場合もレベル3に引き上げる。それより大きい噴火の場合はレベル5となる（後述）。

また、視界不良で表面現象が確認できない状況も考慮し、火山性微動を観測した際に空振を伴う場合にも、噴火が発生したと推定してレベル3に引き上げる。空振の規模については、噴石が最大で500m程度到達するような噴火に伴う空振振幅について他火山の事例を参考に設定し、それを超える場合にはレベル5とする（後述）。

（引き下げ基準）

噴火がなく（又はなくなり）、上記①で示した条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火の発生の可能性が下がったとして、レベル3からの引き下げを行う。

【レベル4】

（判定基準）

次の現象が観測された場合に、レベル4に引き上げる。

<①居住地域の一部（アトサヌプリ（硫黄山）から1.5km以内）に重大な被害を及ぼす噴火の可能性>

（次のいずれかの現象が観測された場合）

- ・アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内に影響を及ぼす噴火が繰り返し発生
- ・火山性地震の急増、規模の増大

（次の4つの条件のうち2つ以上の条件を満たす場合）

- ・火山性微動の継続時間又は振幅の増大
- ・山体浅部の膨張の拡大を示す地殻変動
- ・火山ガス放出量の増加
- ・火口からの噴煙の顕著な増大又は地表面温度の顕著な上昇

<②居住地域の広範囲（火口から6km以内）に重大な被害を及ぼす噴火の可能性>

（次のいずれかの現象が観測された場合）

- ・規模の大きな地震（現地で有感地震相当以上）を含む山体浅部での火山性地震の増加
- ・山体浅部の膨張を示す顕著な地殻変動

（引き下げ基準）

レベル4の段階で、想定した噴火には至らず、上記①②で示した条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、レベルを引き下げる。

●解説

（判定基準）

①居住地域の近く（アトサヌプリ（硫黄山）から500m以内）まで重大な影響を及ぼす噴火（レベル3相当の噴火）が繰り返し発生、もしくは各観測データ（地震活動、火山性微動、地殻変動、火山ガス放出量、噴煙活動、地表面温度）で火山活動の顕著な活発化が認められた場合、居住地域の一部（アトサヌプリ（硫黄山）から1.5km以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生する可能性があるとして判断して、レベル4に引き上げる。

②居住地域の広範囲（火口から6km以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生する可能性があるとして判断した場合は、レベル4に引き上げる。マグマの浅部への上昇に対応すると考えられる現象（有感地震や、深部の膨張を観測した後の山体浅部の膨張を示す顕著な地殻変動）を引き上げ基準とする。

なお、この段階までに噴火が発生し、噴火による火山灰を採取できた場合には、構成粒子に新鮮なマグマ物質が含まれていないかどうかを確認し、その後の火山活動の推移を見極めるうえでの参考とする。

（引き下げ基準）

想定した噴火には至らず、上記①②で示した条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の発生の可能性が下がったとして、レベル4からの引き下げを行う。

【レベル5】

（判定基準）

次の現象が観測された場合、レベル5に引き上げる（又はレベル5を切り替える）。

＜①居住地域の一部（火口から1.5km以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生＞

（次のいずれかの現象が観測された場合）

- ・大きな噴石が火口から500mを超えて1.5km以内に飛散
- ・高さ1,000～数1,000m程度の有色噴煙を放出させる噴火の発生
- ・火山性微動が発生し、空振（川湯観測点で20Pa以上70Pa未満）を伴う場合〔視界不良により表面現象が確認できない場合〕

＜②居住地域の広範囲（火口から6km以内）に重大な被害を及ぼす噴火の発生が切迫

あるいは発生＞

(次のいずれかの現象が観測された場合)

- ・規模の大きな地震（現地で有感地震相当以上）の多発
- ・山体浅部へのマグマ上昇を示す顕著な地殻変動（地割れ、地盤の隆起等）
- ・大きな噴石が火口から 1.5km を超えて飛散
- ・高さ数 1,000m を超える有色噴煙を放出させる噴火の発生
- ・ベースサージ、火砕流の発生
- ・火山性微動又は爆発地震が発生し、空振（川湯観測点で 70Pa 以上）を伴う場合 [視界不良により表面現象が確認できない場合]

(引き下げ基準)

レベル5の段階（①②それぞれ）で、上記で示した条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、火山活動を評価した上でレベルの引き下げやレベル5の切り替えを行う。

●解説

(判定基準)

①居住地域の一部（火口から 1.5km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生した場合には、レベル5に引き上げる。大きな噴石が火口から 500m を超えて 1.5km 以内に飛散、高さ 1,000～数 1,000m 程度の有色噴煙の放出を観測した場合を引き上げ基準とする。

また、視界不良で表面現象が確認できない状況も考慮し、火山性微動を観測した際に空振を伴う場合にも、居住地域の一部（火口から 1.5km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生したと推定してレベル5に引き上げる。ここでの空振の規模については、噴石が最大で 500m～1.5km 程度到達するような噴火に伴う空振振幅について他火山の事例を参考に設定する。

②居住地域の広範囲（火口から 6 km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火が切迫していると考えられる場合は、レベル5に引き上げる（又はレベル5の切り替えによる警戒が必要な範囲の拡大を行う）。マグマのごく浅部への上昇に対応すると考えられる現象（有感地震の多発や地割れ・地盤の隆起等の顕著な地殻変動）を引き上げ基準とする。

居住地域の広範囲（火口から 6 km 以内）に重大な被害を及ぼす噴火が発生した場合は、レベル5に引き上げる（又はレベル5の切り替えによる警戒が必要な範囲の拡大を行う）。大きな噴石の火口から 1.5km を超えての飛散や高さ数 1,000m を越える有色噴煙を放出する噴火の発生、ベースサージ、火砕流の発生を観測した場合を引き上げ基準とする。また、視界不良で表面現象が確認できない状況も考慮し、火山性微動や爆発地震を観測した際に大きな空振を伴う場合にも、居住地域の広範囲に重大な被害を及ぼす噴火が発生したと推定してレベル5に引き上げる（又はレベル5の切り替えによる警戒が必要な範囲の拡大を行う）。

なお、有感地震の多発は、有珠山 1910 年噴火・2000 年噴火や桜島 1914 年噴火においても噴火前に観測されたが、これらの事例では、有感地震の回数が減少に転じて 1～2 日以内に噴火に至っており、この事実が火山活動の推移を見極めるのに役立つ可能性があるため、付記する。

(引き下げ基準)

①②において、それぞれ上記で示した条件を満たさなくなり、火山活動の低下が認められた場合には、火山活動を評価した上でレベル 5 からの引き下げ（又はレベル 5 切り替えによる警戒が必要な範囲の縮小）を行う。

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や知見が得られた場合は、それらを加味して評価を行っ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り、今後随時見直しを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。

- (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) アトサヌプリは噴火の詳細な記録がなく、かつ観測期間が短いため活動活発時の観測データが乏しいため、判定基準が定性的な表現に留まっている部分が多い。今後観測監視を継続し、必要に応じて観測強化を進め、現れる諸現象をよく分析していくことで、アトサヌプリの火山活動の理解を深めていく必要がある。その上で、調査研究の進展を見ながら新たな知見を反映して、今後も、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、または見直すことが重要である。
- (3) 現在の活動状況においては、新たな噴火活動が始まるとすれば、アトサヌプリ（硫黄山）及びその周辺の地熱域から火口周辺に影響を及ぼす程度の噴火が発生する可能性が高いと考えられるが、他の場所からの噴気活動が高まる等、活動状況に変化が生じた場合は、適宜判定基準を見直す必要がある。