平成 19 年 12 月 1 日運用開始
令和 8 年 3 月 31 日現在
気　　象　　庁

# 薩摩硫黄島の噴火警戒レベル判定基準とその解説

## 目次


１．想定する噴火の規模、様式と現象 . . . . . 2
２．火山活動の時間的な推移 . . . . . 9
３．噴火警戒レベルの区分け . . . . . 11
４．噴火警戒レベルの判定基準とその考え方 . . . . . 12
【レベル１】 . . . . . 12
【レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね 0.5km）】 . . . . . 12
【レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね１km）】 . . . . . 14
【レベル２（火口周辺規制）】（海底噴火） . . . . . 16
【レベル３（入山規制：硫黄岳火口中心～概ね２km）】 . . . . . 17
【レベル４】 . . . . . 19
【レベル５】 . . . . . 22
５．今後検討すべき課題 . . . . . 24
《参考文献》 . . . . . 26


本資料で用いる用語の解説については、「気象庁が噴火警報等で用いる用語集」を御覧ください。
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/kazan/kazanyougo/mokuji.html

## １．想定する噴火の規模、様式と現象

鬼界カルデラでは 7,300 年前に大規模なアカホヤ噴火が発生し、現在のカルデラの輪郭が形成された（図１）。薩摩硫黄島は鬼界カルデラの北西端に出現した流紋岩質マグマによる成層火山であり、約 6,000 年前には火山島として出現し現在に至っている（奥野, 1996, 2002）。硫黄岳では 4,000 年前～3,000 年前の間は噴火活動を休止したが、休止期以前を古期硫黄岳、休止期以降を新期硫黄岳と呼ぶ。硫黄岳の南西山麓では、3,900 年前から 2,200 年前までに玄武岩質マグマの噴火が複数回発生し、小型成層火山である稲村岳が誕生した（奥野, 1996, 2002）。

新期硫黄岳における活動は 2,600 年前頃に開始した。1,100 年前頃には規模の大きな火砕流を伴う噴火が発生している。最新のマグマ噴火は、歴史時代に相当する 500～600 年前（西暦 1400 年頃）に山頂付近の火口で発生し、硫黄岳西麓に火砕流堆積物が堆積している（奥野, 1996、Kawanabe and Saito, 2002）ほか、硫黄岳の西麓（硫黄岳火口中心から１km 強の範囲）では、噴火で飛散した大きな噴石が地層中から見つかっている（前野・谷口, 2005）。

1934 年９月から 1935 年４月頃にかけて、薩摩硫黄島の東沖合で大規模な噴火が発生し、昭和硫黄島が形成された。噴火開始の１週間ほど前には顕著な地震活動があり、鹿児島市でも体に感じる規模の地震が発生している（安井, 1962）。噴火の初期には多量の巨大軽石を湧出するだけであったが、年末には火砕丘が海上に出現し、火山灰・火山ガスを噴出するようになった（田中館, 1935）。1935 年には溶岩が海面上に出現し、1936 年には全体が溶岩島となった。

近年の硫黄岳における噴火活動は、規模は大きくないものの、しばしば火山灰の噴出がみられている。1990 年以前は硫黄岳火口の高温噴気地帯は主に火口壁に分布していたが（鎌田, 1964）、1990 年代になって火口中央部に新たに出現した高温の噴気地帯が竪穴状火孔となり、火山灰が噴出した。この火孔は次第に拡大しながら火山灰の噴出が継続した（Shinohara et al., 2002）（図２）。1998 年頃から 2004 年にかけては、島内でも頻繁に降灰が確認された。火山灰は新鮮なマグマの噴出によるものではなく、火口底に堆積していた変質を受けた物質が粉砕されたものと推定されている（Shinohara et al., 2002）。

1995 年以降、島内で地震観測が行われているが（図３）（Iguchi et al., 2002、Uchida and Sakai, 2002）、1998 年後半から 1999 年前半及び 2000 年から 2002 年前半には地震活動が活発となっている（図４）。地震活動と噴火活動に明瞭な相関は認められないものの、火山灰が噴出していた時期に概ね一致している。その後、2013 年、2019 年から 2020 年にかけてと、2024 年にも火山灰を噴出する程度の噴火が発生している。

硫黄岳では白色の噴煙を常時数 100～1,000m程度まで上げている。また、火山ガス（二酸化硫黄）の１日あたりの放出量は 1,000 トン前後の状態が継続しており、夜間には火映を観測している（図４）。硫黄岳では、火口内から山腹まで噴気・地熱地帯が広く分布している。薩摩硫黄島では、少なくとも過去 1,000 年以上にわたって高温の火山ガスが噴出

していたと考えられているが、このような長期にわたり火山ガスを放出し続けるメカニズムとして、深部のマグマだまりからマグマが火道内を上昇し、地表近くの浅い所で脱ガスした後、火道内を沈降してマグマだまりに戻る火道内マグマ対流プロセスが提案されている（Kazahaya et al., 2002）（図５、６）。

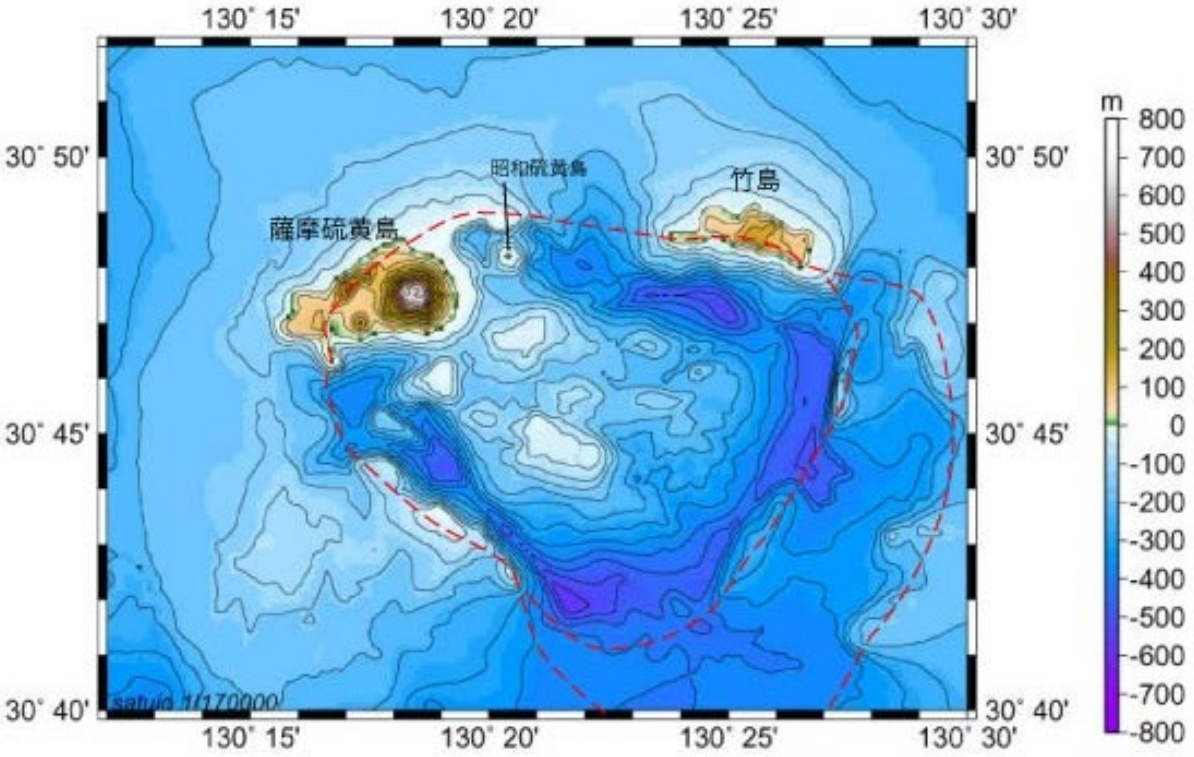



図１　薩摩硫黄島周辺の海底地形図（海上保安庁　海洋情報部）
赤破線は推定される鬼界カルデラ縁（小野・他, 1982）

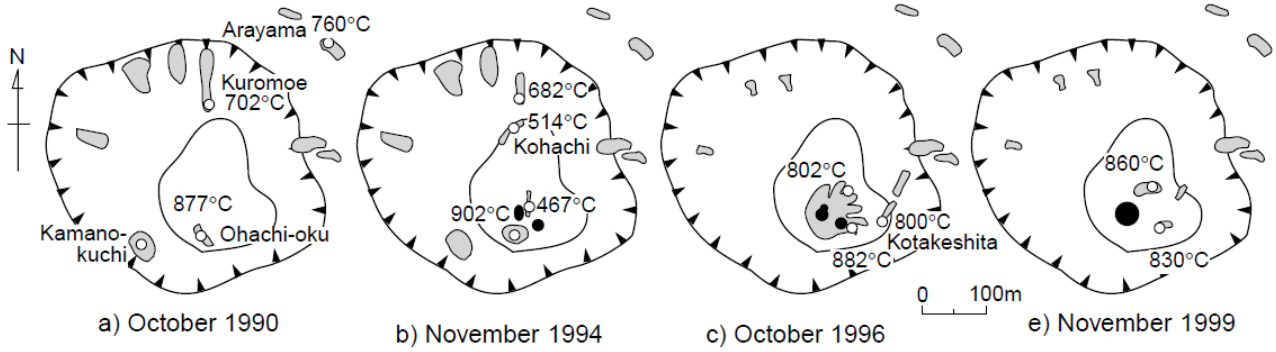
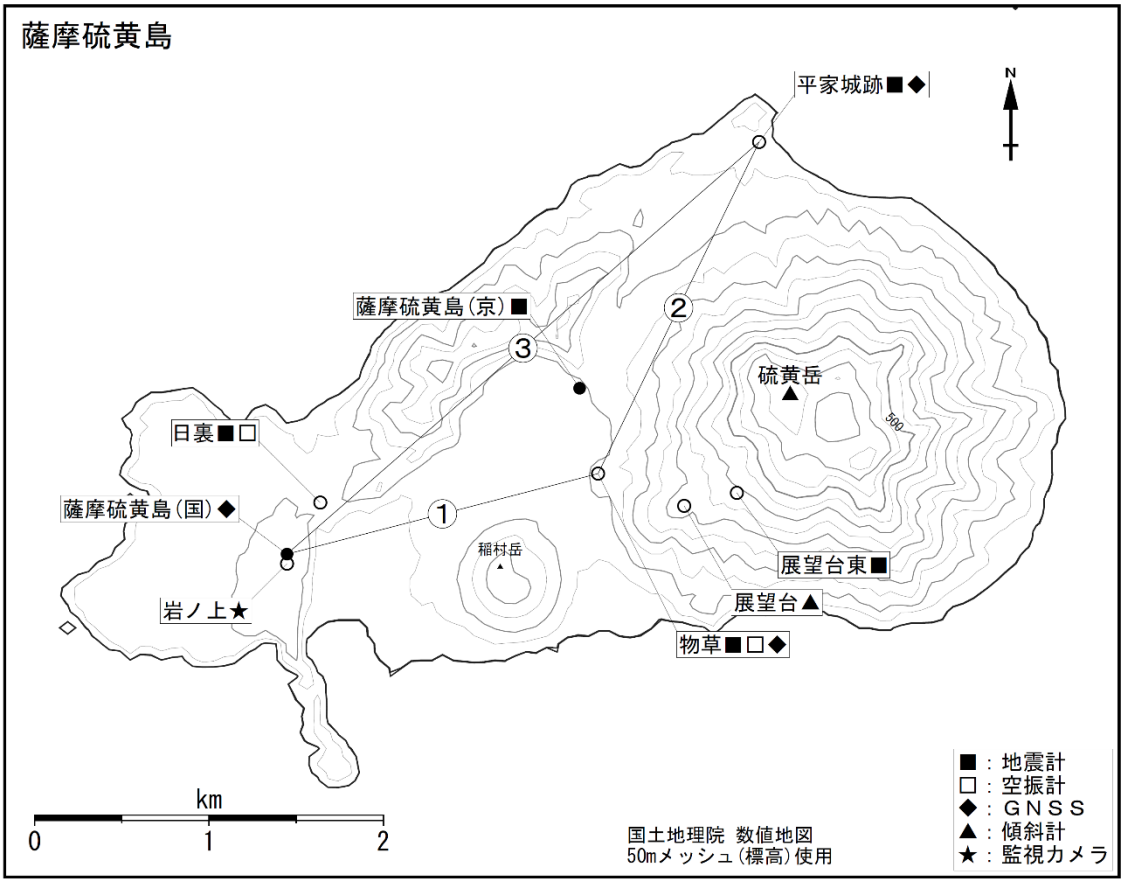
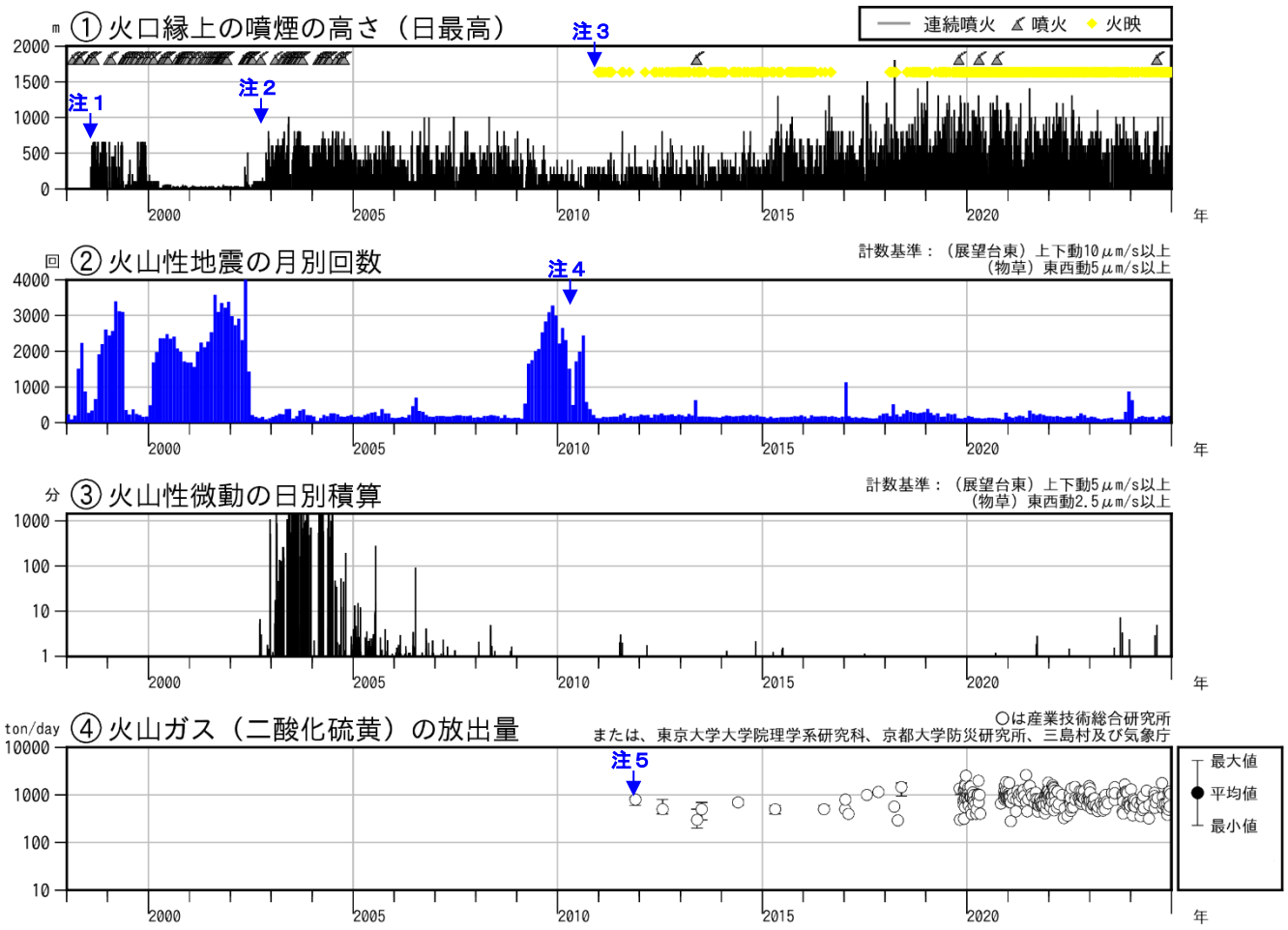



図２　硫黄岳火口の噴気地帯及び高温域の変遷（Shinohara et al.,　2002）




小さな白丸（○）は気象庁、小さな黒丸（●）は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。
（国）：国土地理院、（京）：京都大学

図３　薩摩硫黄島　観測点配置図




注１　1998 年８月１日：三島村役場硫黄島出張所から気象庁へ通報開始。
注２　2002 年 11 月 16 日：気象庁が設置した監視カメラによる観測開始。
注３　気象庁が設置した監視カメラの高感度化により火映の観測が可能となりました。
注４　2010 年１月から７月にかけて、地震計障害のため火山性地震及び火山性微動の回数が不明の期間があります。
注５　2011 年 11 月 26 日：気象庁による火山ガス（二酸化硫黄）放出量の観測開始。2019 年 12 月から東京大学大学院理学系研究科、京都大学防災研究所、三島村及び気象庁による観測開始。

図４　薩摩硫黄島　火山活動経過図（1998 年～2024 年 12 月）

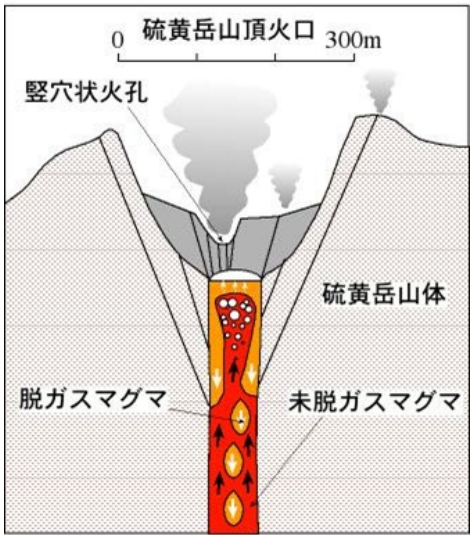



図５　薩摩硫黄島　火道内マグマ対流による脱ガスの模式図

（Kazahaya et al.（2002）の Fig.4 を改変　産業技術総合研究所 HP より）

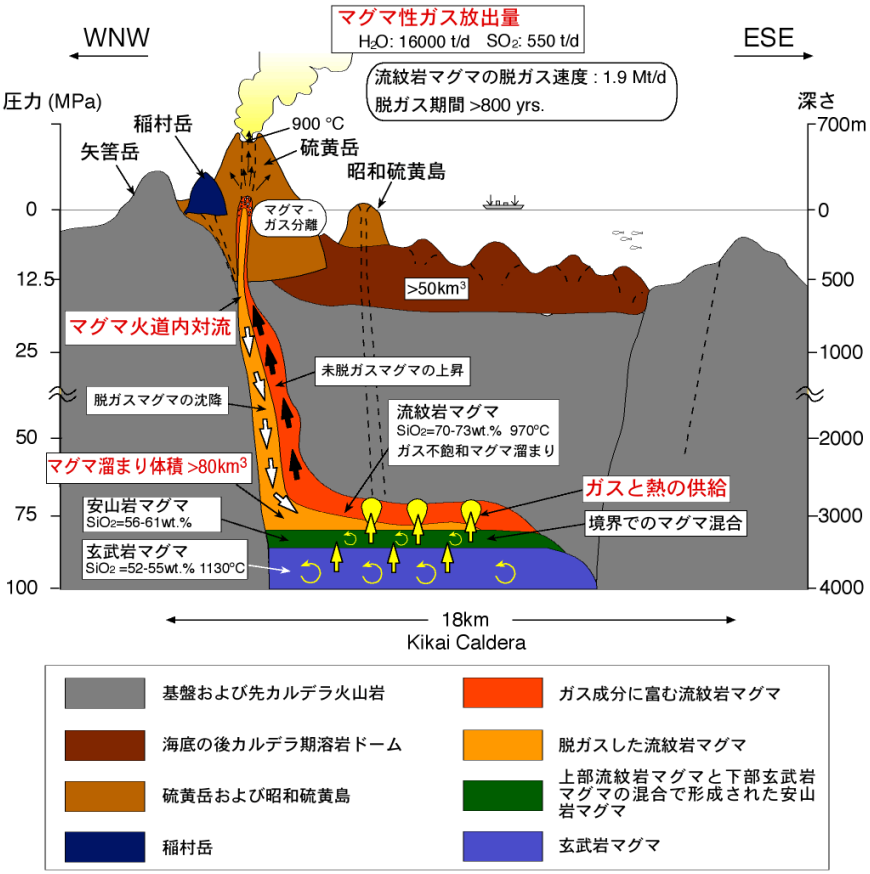



図６　薩摩硫黄島　現在のマグマ溜まりのモデル

（Kazahaya et al.（2002）の Fig.5 を改変　産業技術総合研究所 HP より）

有史以降の噴火活動の規模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、以下のとおり噴火を区分した。

**噴火場所：硫黄岳火口（想定火口）、硫黄岳周辺域（図７、８）**

**②-1 硫黄岳火口における噴火区分、主な噴出物、及び影響範囲**

**表１　薩摩硫黄島（硫黄岳火口）　大きな噴石・火砕流・溶岩流の影響範囲の分類**

| 噴火区分 | 主な噴出物の種類 | 影響範囲（下線の噴出物） |
|---|---|---|
| ごく小噴火 | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石 | 火口近傍（火口中心から概ね0.5km以内） |
| 小噴火 | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石 | 火口中心から概ね１km以内 |
| 中噴火 | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石、火砕流 | 火口中心から概ね２km以内 |
| 大噴火 | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石、火砕流、溶岩流 | 火口から居住地域まで |

※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方向及び範囲（警戒が必要な範囲）を基準としている。

**②-2 硫黄岳周辺域における噴火発生場所、主な噴出物、及び影響範囲**

**表２　硫黄岳周辺域における主な噴出物及び大きな噴石、火砕流、溶岩流の影響範囲**

| 発生場所 | 主な噴出物の種類 | 影響範囲（下線の噴出物） |
|---|---|---|
| 居住地域から離れた海域（居住地域から概ね２km以遠） | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石、火砕流（ベースサージ） | 噴火地点から概ね２km以内※1（噴火規模の高まりによっては居住地域まで） |
| 居住地域に近い海域（居住地域から概ね２km以内） | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石、火砕流（ベースサージ）、溶岩流、 | 噴火地点から概ね２km以内※1（居住地域まで） |
| 薩摩硫黄島の陸域 | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石、火砕流、溶岩流 | 噴火地点から居住地域 |
| 硫黄岳（硫黄岳火口外）※2 | 火山灰、小さな噴石、大きな噴石 | 噴火地点から概ね0.5km以内（硫黄岳火口から概ね2.0km以内） |

※１　「海域火山噴火の水深と表面現象について（東京大学地震研究所，2015）」、及び第131回火山噴火予知連絡会資料によると、ベースサージが発生する水深は100m以浅とされている。また、ベースサージの影響範囲については、伊豆諸島６火山防災協議会では最大２kmを想定する合意がなされている。薩摩硫黄島の周辺海域における噴火もこの想定を参考に、居住地域から概ね２km内の浅い海域（水深約100m以浅）で噴火が発生した場合、噴火初期段階で居住地域に影響が及ぶと想定する。

なお、約 100m以深における海底噴火は噴火初期段階では噴火地点の海面上に影響を与えないが、噴火活動の継続により水深が浅くなることを考慮し、噴火地点から概ね２km 以内を警戒が必要な範囲とする。また、居住地域から概ね２km 以遠の海底噴火については、噴火初期段階で居住地域に影響は及ばないが、噴火の規模が拡大し、居住地域に影響が及ぶ可能性がある、または切迫している場合も想定する。

※２　硫黄岳火口（想定火口）外の硫黄岳山体において、噴気及び地熱活動がみられている領域を想定している。

表１、表２について

・下線を引いた噴出物の到達距離により警戒が必要な範囲の設定を行う。

・「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であり、火山灰や小さな噴石は、風に流されて影響範囲を越えて広範囲に到達することがある。

・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、各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。




図７　薩摩硫黄島の想定火口（硫黄岳火口）と、大規模なマグマ貫入時に硫黄岳周辺域において火口の出現に留意すべき領域（硫黄岳火口中心から概ね４km の鬼界カルデラ内）硫黄岳火口（火口中心から約 200m）を赤色円、硫黄岳周辺域（硫黄岳火口中心から概ね４km の鬼界カルデラ内）の陸域を茶色塗り、水深が概ね 100m以浅の海域を緑塗り、水深が概ね 100mより深い海域を青塗りで示している。鬼界カルデラ縁（赤破線）は小野・他（1982）による。

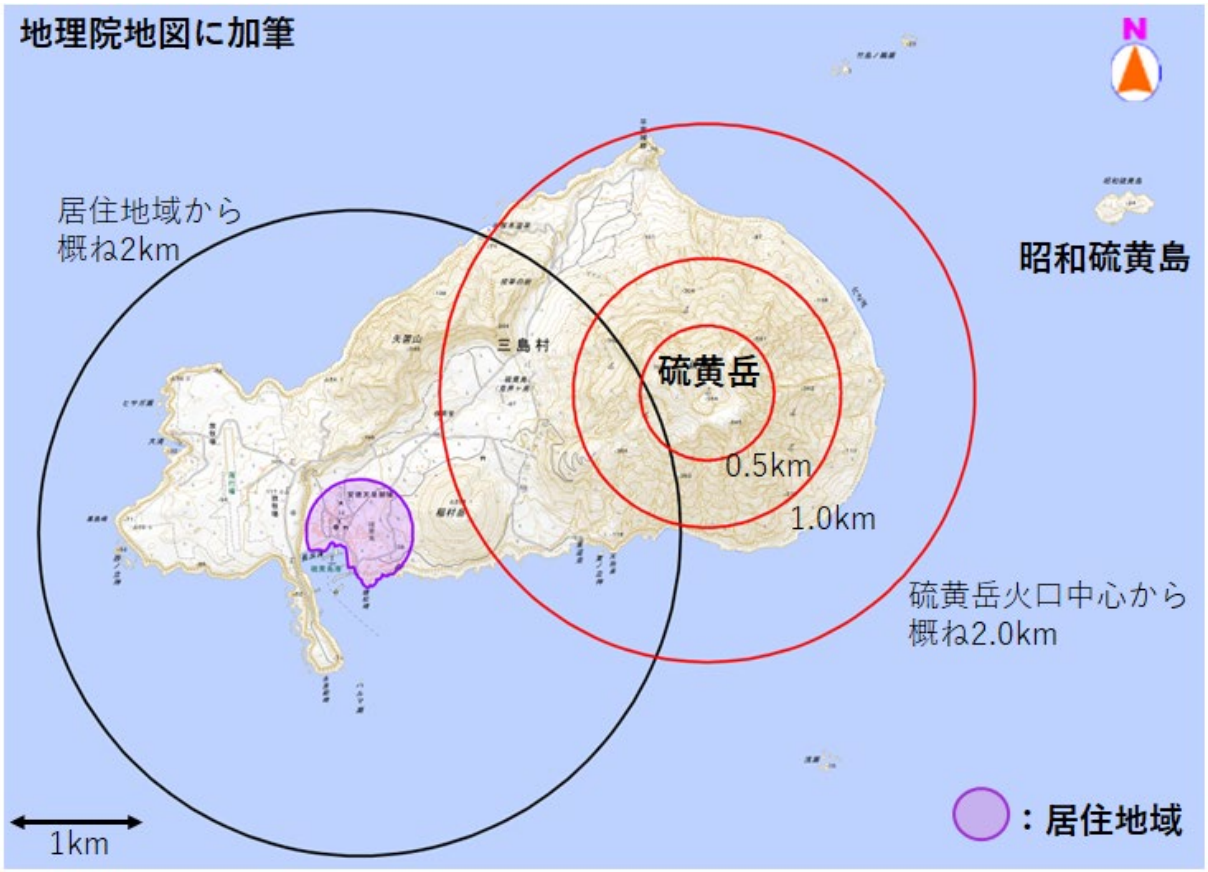



**図８　薩摩硫黄島　硫黄岳火口中心からの距離及び居住地域から概ね２㎞の範囲**

## ２．火山活動の時間的な推移

薩摩硫黄島の噴火活動の時間的な推移がわかっている規模の大きな噴火として、1934年９月から1935年４月頃にかけての溶岩流出を伴う噴火がある。海底噴火の約１週間前から薩摩硫黄島で体に感じる程度の地震が繰り返し発生しており（田中館, 1935、安井, 1962）、次第に震源が浅くなった後に噴火に至ったと考えられている（篠原・他, 2008）。多量のマグマの上昇に伴い規模の大きな地震が発生していたとみられる。

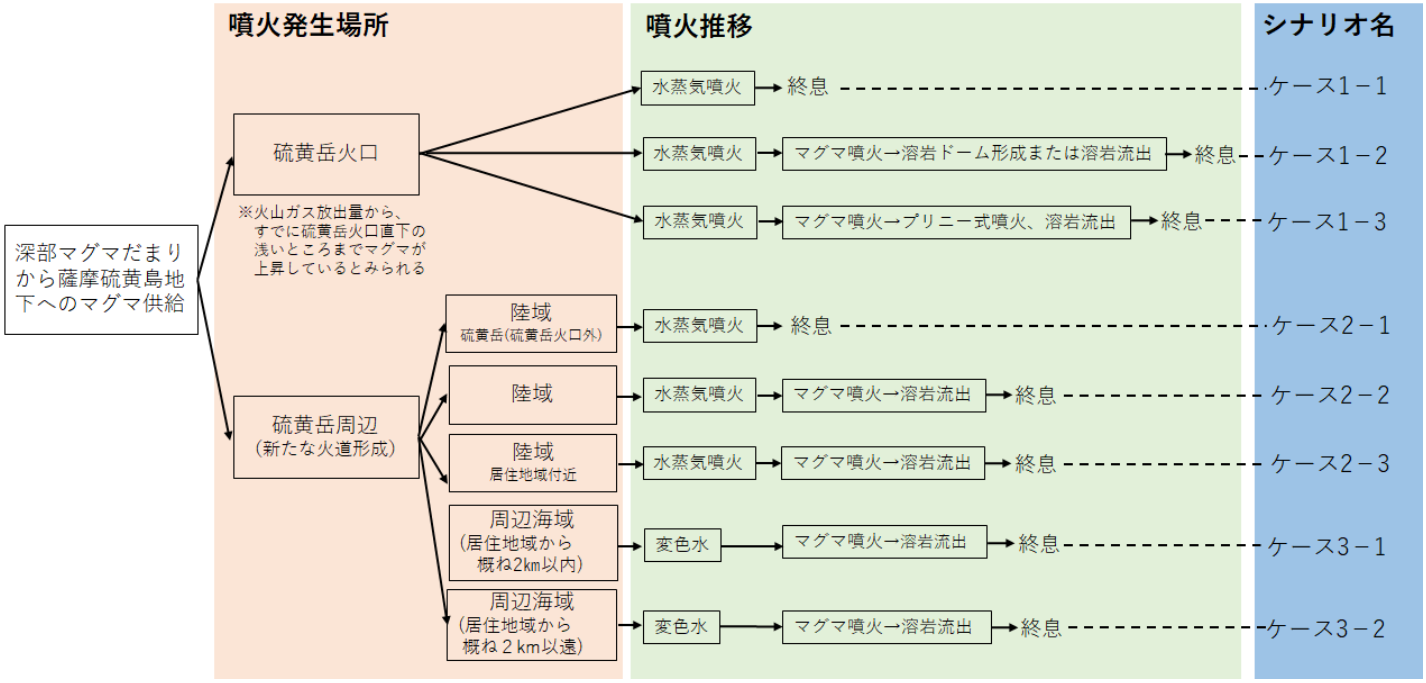
硫黄岳火口では、近年、硫黄岳山頂部に影響する程度のごく小噴火が時々みられている。火口内における噴煙活動や熱活動に中長期的に高まりがみられる中で噴火が発生した他、噴火に前駆して火口直下の浅いところを震源とする火山性地震の増加を伴ったことがある。近年の噴火に伴う噴出物は熱水変質をうけた火山灰であることから、水蒸気噴火であると考えられる。マグマ等の流体の貫入量がさらに増大した場合は、地震活動の更なる活発化や、硫黄岳山体における膨張性の地殻変動等の前駆現象を経て、小噴火～中噴火の発生に至ると考えられる。

噴火警戒レベル判定基準を設定する上で、噴火場所（硫黄岳火口、硫黄岳周辺域（陸域

または周辺海域)）と居住地域の位置関係のほか、マグマ貫入量についても考慮し、現在の観測網で観測され得る条件を検討している（表３）。なお、硫黄岳では硫黄岳火口外にも噴気地帯が広く分布しており、火山性流体の供給状況によっては明瞭な前兆現象がみられないまま火口外から小規模な噴火が発生する可能性も考えられるため、硫黄岳（硫黄岳火口外）における規模の小さな噴火についても基準に設定する。

**表３　薩摩硫黄島　マグマ貫入量や噴火発生場所を意識したシナリオ分岐条件**

- ケース 1－1：硫黄岳火口における小噴火
- ケース 1－2：硫黄岳火口におけるマグマ噴火
  （溶岩ドームの形成または溶岩流出）
- ケース 1－3：硫黄岳火口における大規模なマグマ噴火
  （プリニー式噴火の発生～溶岩流出または溶岩ドームの形成）
- ケース 2－1：硫黄岳（硫黄岳火口外）における小規模な水蒸気噴火
- ケース 2－2：薩摩硫黄島の陸域におけるマグマ噴火
  （先行する小規模噴火の発生なし、または噴火が発生しても居住地域に影響なし）
- ケース 2－3：薩摩硫黄島の陸域におけるマグマ噴火
  （先行する小規模噴火により居住地域に影響）
- ケース 3－1：周辺海域（居住地域から概ね２km 以内）における噴火
- ケース 3－2：周辺海域（居住地域から概ね２km 以遠）における噴火



## ３．噴火警戒レベルの区分け

噴火警戒レベルは、硫黄岳火口における噴火区分に対応するよう以下のとおりレベル１～５に区分けした。なお、硫黄岳（硫黄岳火口外）や硫黄岳周辺域における噴火は噴火地点が想定できないことから、レベル１～５に対応する区分けは難しい。そこで、噴火の発生により居住地域に直ちに影響が及ぶ場合はレベル５、今後の活動状況次第で影響が及ぶ可能性がある場合はレベル４とし、直ちに居住地域に影響を与えない硫黄岳（硫黄岳火口外）の噴火はレベル３、海域の噴火はレベル２に区分けする。

①　レベル１（活火山であることに留意）

火山性地震がほとんど発生せず、熱活動は低調で、静穏な火山活動。状況により、火山性地震のわずかな増加や、継続時間が短く振幅の小さな火山性微動の発生の他、長期間火映がみられない中で再び高感度の監視カメラにより微弱な火映がみられ始めるなど熱活動の高まりがみられ、硫黄岳火口内で火山灰や小さな噴石が火口内に留まるごく小噴火が発生する可能性がある状態。

②－1　レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね 0.5km）

硫黄岳火口近傍に影響する程度のごく小噴火が一時的に発生、または発生する可能性がレベル１よりもさらに高まった状態。硫黄岳火口付近における熱活動の高まりとして、夜間に高感度の監視カメラによる微弱な火映の観測や活発な噴煙活動、地震活動の高まりなどがみられる状態。

②－2　レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね１km）

硫黄岳火口中心から概ね１km 以内に影響する、大きな噴石の飛散を伴う噴火区分小の噴火（小噴火）が発生、または発生する可能性がある。熱活動の更なる高まりを示す肉眼で認められる火映の観測や、ごく小噴火が継続または繰り返し発生、継続時間の長い火山性微動または振幅の大きな火山性微動の発生、傾斜計等で山体浅部の膨張を示す地殻変動を観測するなど火山活動が高まった状態。

②－3　レベル２（火口周辺規制：噴火地点～概ね２km）

居住地域から概ね２km 以遠の島の周辺海域で噴火が発生し、居住地域に影響を与えない火山活動が続く状態。

③　レベル３（入山規制：硫黄岳火口中心～概ね２km）

硫黄岳火口において、火口中心から１km を超え概ね２km 以内に影響する大きな噴石や溶岩流、火砕流（居住地域方向へ概ね１km 以内に流下）を伴う噴火区分中の噴火（中噴火）が発生、または発生する可能性がある。また、高周波地震の多発、火山性微動の振幅増大、火口直下の増圧を示す急激な地殻変動、火山ガス（二酸化硫黄）放出量の急増傾向など、活発な火山活動がみられる状態。その他、硫黄岳（硫黄岳火口外）において、居住地域に影響しない小規模な噴火の発生がみられる状態。

④　レベル４（高齢者等避難）～５（避難）

硫黄岳火口においてはレベル３の段階から噴火活動がさらに活発化し、火口中心か

ら居住地域へ切迫する火砕流や溶岩流の流下、火口から２km 以遠に大きな噴火の飛散を伴う、噴火区分大の噴火が発生し、居住地域まで重大な影響が及ぶ事が予想、もしくは切迫していると考えられる状態。

その他、薩摩硫黄島付近で顕著な地震活動の活発化や地殻変動が観測されるなど、薩摩硫黄島の硫黄岳火口を含む陸域や周辺海域で大規模な噴火の兆候がみられたり、薩摩硫黄島の陸域、及び居住地域から概ね２km 以内の海域で噴火が発生、または居住地域から概ね２km 以遠であっても発生している噴火の規模拡大がみられるなど、居住地域まで重大な影響が及ぶ事が予想、もしくは切迫していると考えられる状態。

## ４．噴火警戒レベルの判定基準とその考え方

【レベル１】

（火山活動は静穏）

・火口の熱活動は低調

・火山性地震は少ない（数回/日程度で推移）

・継続時間が短く振幅の小さな火山性微動の発生

（火山活動に若干の高まりや異常が認められる）

長期間火映が観測されない中で再び微弱な火映がみられ始めるような、火口の熱活動が高まりつつある状況や、わずかに火山性地震の増加傾向がみられる状況。また、状況により火山灰や小さな噴石が火口内に留まるごく小噴火が発生する可能性がある。

（解説）

火山性地震は低調で、振幅が小さく継続時間が短い火山性微動が時折発生する状況。また、概ね６カ月以上の長期にわたり夜間に高感度の監視カメラで火映が観測されないなど、火口内の熱活動が比較的低調な状態。なお、レベル１の静穏な状況であっても、活火山であることから突発的に火口内で火山灰や泥の噴出等が発生する可能性があることに留意する必要がある。

また、熱活動が長期的に低下し、火映が認められなくなっている中で、再び夜間に高感度の監視カメラで微弱な火映がみられ始めるような、火口内の熱活動が高まりつつある状況や、レベル２引き上げ基準に満たない火山性地震のわずかな増加傾向がみられるなど、火山活動に若干の高まりや異常が観測される場合がある。状況によっては火山灰や小さな噴石が火口内に留まるごく小噴火が発生する可能性がある。

【レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね 0.5km)】

（判定基準）

レベル１の段階で、次のいずれかが観測された場合。警戒が必要な範囲は、硫黄岳火口中心

から概ね 0.5km 以内とする。

＜硫黄岳火口において、火口中心から概ね 0.5km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性＞

① 夜間に高感度の監視カメラで微弱な火映を時々観測
② 中長期間における噴気地帯の地熱域の拡大や活発な噴煙活動
③ 火口浅部の火山性地震の増加（地震回数が概ね 50 回以上/24 時間）
④ 継続時間が 100 秒を超える火山性微動の発生
⑤ 中長期間における火口浅部の地震活動の高まり（地震回数が概ね 200 回以上/月が３ヶ月継続）
⑥ 火口周辺に降灰する程度のごく小噴火の発生

（引下げ基準）

上記の引上げ基準に達しない活動が概ね６ヶ月続いたときを基本とする。ただし、短期的な地震の増加や火山性微動の発生でレベルを引き上げた場合は、基準を概ね１ヶ月下回った段階でレベルを１に引き下げる。

（解説：判定基準）

以下、レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね 0.5km）引上げ基準の①～⑥について解説する。

＜硫黄岳火口において、火口中心から概ね 0.5km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性＞

①：2019 年 11 月、2020 年４月と 10 月及び 2024 年９月に、硫黄岳火口でごく小噴火が発生した。噴火前に火山性地震の急増は認められなかったが、噴火の前に夜間に高感度の監視カメラで微弱な火映を継続的に観測していた。このような火映が観測されるような状況においては、火口の熱活動が高まっており、ごく小噴火が発生する可能性があると考えられることから、火映の観測をレベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～約 0.5km）引上げの指標とする。引上げの基準としては、２ヶ月の間で山頂部の観測が可能な日に火映を時々観測した場合とする。

②：中長期的にみて、これまで観測されなかったような高さまで白色噴煙が上昇する状況が継続、または噴気地帯の地熱域に拡大傾向がみられれば、火口の熱活動や噴煙活動に高まりがみられると判断してレベルを引き上げる。

③：2013 年６月３日のごく小噴火の前に、火口浅部を震源とする火山性地震が 50 回/日を超えて地震活動に高まりがみられたことから、同程度の地震の増加を観測した場合、レベルを引き上げる。

④：噴火活動が低調化した 2006 年以降に観測された火山性微動は、主に継続時間が１分未満のものである。そこで、継続時間が 100 秒を超える火山性微動（展望台東観測点で５μm/s 以上）が発生すれば、火山活動に高まりがみられると判断してレベルを引き上

げる。

⑤：2019 年 11 月のごく小噴火の発生前に火山性地震の急増はみられなかったが、2018 年６月頃から 2019 年 10 月頃にかけては、継続的に地震の月回数が 200 回を超えるなど、中長期的に地震活動にわずかな高まりがみられていた。同程度（概ね 200 回以上/月が３ヶ月継続）の高まりがみられれば、ごく小噴火が発生する可能性があると判断してレベルを引き上げる。

⑥：硫黄岳火口において火口周辺に降灰する程度のごく小噴火が発生した場合、引き続き火口近傍に影響するような噴火が発生する可能性があるとして、レベルを引き上げる。

（解説：引下げ基準）

火映の観測、地熱域の拡大や噴煙活動などは火山の熱活動に関する表面現象であり、その活動状況の低下を短期間で判断することはできない。活動の静穏化と判断するには数か月は要すると考えられることから、判定基準に達しない活動が概ね６ヵ月継続した場合にレベルを１に引き下げる。ただし、短期的な地震の増加もしくは火山性微動の発生でレベルを引き上げた場合は、基準を下回る状態が概ね１ヶ月継続したところでレベルを１に引き下げる。

【レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね１km）】

（判定基準）

レベル１またはレベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね 0.5km）の段階で、次の①～⑤のいずれかの現象が観測された場合。警戒が必要な範囲は、硫黄岳火口中心から概ね１km 以内とする。

＜硫黄岳火口において、火口中心から概ね１km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性＞

① 肉眼で認められる火映を時々観測

② ごく小噴火が継続または繰り返し発生し、噴煙量や空振振幅の増大傾向が認められる

③ 継続時間の長い火山性微動（約 30 分以上）の発生、または振幅の大きな火山性微動の発生（展望台東観測点上下動成分の最大振幅で約 50μm/s 以上）

④ 傾斜計等で山体浅部の膨張を示す地殻変動を観測

＜硫黄岳火口において、火口中心から概ね１km 以内に影響を及ぼす噴火の発生＞

⑤ 火口中心から概ね１km以内に大きな噴石飛散

（引下げ、または警戒が必要な範囲の縮小基準）

上記の基準に達しない活動が概ね１ヶ月続いたときを基本とし、平穏時に戻る傾向が明瞭であると判断したときはレベルを引き下げ、若干の高まりが残っている場合はレベル２のままで警戒が必要な範囲を縮小させる。ただし、レベルを引き下げ、または警戒が

必要な範囲を縮小した後に活発化傾向に転じたことが明らかな場合は、上記の基準に達していなくてもレベル２（硫黄岳火口中心～概ね１km）に引き上げ、または警戒が必要な範囲を拡大させる。

（解説：判定基準）

以下、判定基準の①～⑤について解説する。

＜硫黄岳火口において、火口中心から概ね１km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性＞

①：浅間山では経験則として肉眼で明瞭に見えるほどの火映が観測された後に、規模の大きな噴火が発生している。薩摩硫黄島でも肉眼でようやく確認できる程度の火映を時々観測すれば、火口直下の熱活動がさらに高まっており、小噴火が発生する可能性が高まっていると考えられるため、レベルを引き上げ、または切り替える。なお、高感度の監視カメラでは火映の強度の判定が難しいことから、現地からの通報や現地調査をもってレベルの引上げを判断する。

②：噴火活動が低調化した 2006 年以降、硫黄岳火口では継続時間の短いごく小噴火しか発生していない。今後、硫黄岳火口で大きな噴石の飛散を伴わないごく小噴火が２、３日間程度継続、または概ね１カ月以内の間に間欠的に発生し、噴煙量や空振振幅の増大傾向が認められる状況になれば、噴火の規模が増大し小噴火が発生する可能性が高まっていると考えられることから、レベル２を切り替え、警戒が必要な範囲を拡大する。

③：硫黄岳火口においてごく小噴火が繰り返し発生していた 2003 年から 2004 年において、ひと月以上ごく小噴火が観測されない日が続いた後に、継続時間 30 分以上の火山性微動が観測されてごく小噴火が発生した事例が複数回認められた。また、同時期に観測された火山性微動の最大振幅は大きなもので 50μm/s（展望台東観測点上下動成分）前後であった。これらと同程度の火山性微動の活発化がみられれば、ごく小噴火の発生を経て小噴火に移行するような火山活動が予想されると判断し、レベル２（火口周辺規制：硫黄岳火口中心～概ね１km）に引き上げ、または切り替えて警戒が必要な範囲を拡大する。

④：一般的に、火山活動の活発化による火山性流体（マグマや火山ガス等）の移動・蓄積に伴い、山体膨張（地殻変動）が起こることが知られている。薩摩硫黄島でも同様に火山活動の活発化に伴い山体膨張を示す地殻変動が生じる可能性があると考えられるため、気象庁では、薩摩硫黄島に傾斜計及び GNSS を設置し地殻変動観測を実施している（図４）。しかし、薩摩硫黄島（硫黄岳）では観測開始以降、これらの観測機器により山体膨張を示す地殻変動が観測されたことはない。

そこで、他の火山を参考に、薩摩硫黄島の活動が活発化した場合に観測されうる地殻変動を想定する。ここでは、2018 年４月に霧島山えびの高原（硫黄山）周辺で発生した水蒸気噴火前に観測された地殻変動を参考にする。

えびの高原（硫黄山）では、火口近傍の GNSS 連続観測により噴火発生のおよそ２ヶ

月前から山体膨張を示唆する地殻変動が観測された。山体直下の浅い所で火山性流体の上昇・蓄積が起こったと推定され、噴火発生の前兆にあたる現象と考えられる。この時の変動は約２ヶ月かけて火口直下の浅い所で約1.2万㎥の膨張（体積変化）が生じたと考えられ（火山噴火予知連絡会　第1回霧島山部会気象庁資料）、１日あたりの膨張量に換算すると数百㎥である。

薩摩硫黄島（硫黄岳）で同様の膨張が起こった場合に、島内に設置している傾斜計（展望台観測点）で観測されうる変動量を想定し、同程度以上の変動が発生した場合にレベルを２に引き上げ、または切り替える。なお、傾斜変動量は膨張源の形状や位置によって大きく異なるため、基準としての明確な変動量（数値）は決められないが、仮に硫黄岳直下の海抜０km 付近で１日あたり１千㎥の体積膨張（球状圧力源）が発生した場合は、展望台観測点傾斜計で0.2μrad/日程度の変動が見込まれる。

＜硫黄岳火口において、火口中心から概ね１km以内の範囲に影響を及ぼす噴火の発生＞

⑤：硫黄岳火口中心から概ね１km 以内に噴石を飛散させる噴火が発生した場合、引き続き火口周辺に影響するような噴火が発生する可能性があるとして、レベルを引き上げ、または切り替える。

（解説：引下げ基準）

上記の判定基準に達しない程度の活動が概ね１ヶ月続いた場合は、火山活動が低調に向かっていると判断しレベルを引き下げるが、微弱な火映が時々観測される、地震が時々多発するなど若干の高まりが残っている場合には硫黄岳火口中心から概ね 0.5km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性があるため警戒が必要な範囲を縮小する。また、火山活動に短期的な低下傾向が認められたとしても、長期的に熱活動や噴煙活動が活発な火山であるため、再び活発化の傾向に転じた場合には、上記基準に満たなくてもレベルを引き上げ、もしくは警戒が必要な範囲を拡大する。

【レベル２（火口周辺規制）】（海底噴火）

（判定基準）

薩摩硫黄島の居住地域から離れた海域で次の現象が観測された場合、レベル２に引き上げ、またはレベルを切り替え、警戒が必要な範囲は噴火地点から概ね２km以内とする。

＜島の居住地域から離れた海域における現象＞

・居住地域から概ね２km以遠の海域における噴火

（引下げ基準）

火山活動の低下が続いたと認められた場合にはレベルを１に引き下げる。

（解説：判定基準）

海底噴火の初期段階では火砕サージの影響が噴火地点から概ね２km まで達する恐れがある。このため居住地域から十分に離れている場合は居住地域に影響が及ばないと判断し、レベルを２に引き上げて活動の推移を注視することとする。なお、噴火の規模の拡大が確認され居住地域にまで影響が及ぶ、またはその可能性があると判断されれば、レベル５または４へ引き上げる。

(解説：引下げ基準)

島の居住地域から離れた海域で噴火が発生した後、噴石の飛散や溶岩流出等を伴わない噴火活動、及び噴火地点の周辺で変色域や軽石の浮上がみられなくなる状況とともに、地震活動や地殻変動に高まりがみられない場合には、火山活動が低下したと判断しレベルを引き下げる。なお、島から離れた海域の噴火に関しては、薩摩硫黄島島内の観測網では詳細な活動推移を把握できないことや、連続した遠望観測が困難であることが想定されることから、活動が低下したと判断する期間は数か月以上を要する可能性がある。

【レベル３（入山規制：硫黄岳火口中心～概ね２km)】

(判定基準)

次の①～⑦の内のいずれかの現象が観測された場合にレベルを３に引き上げる。

警戒が必要な範囲は、原則として硫黄岳火口中心から概ね２km 以内とする。

＜硫黄岳火口において、火口中心から１km を超え概ね２km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性＞

① 火口中心から概ね１km 以内に流下する火砕流を観測

② 山体浅部を震源とする高周波地震の多発(地震回数が概ね 100 回以上/24 時間、または展望台東観測点上下動成分で 200μm/s 以上の地震が概ね 10 回以上/24 時間)

③ 火山性微動の振幅増大（展望台東観測点上下動成分の１分間平均振幅で概ね８μm/s を１時間以上継続）

④ 火口直下の増圧を示す急激な地殻変動

⑤ 火山ガス（二酸化硫黄）放出量の急増傾向

＜硫黄岳火口において、火口中心から１km を超え概ね２km 以内に影響を及ぼす噴火の発生＞

⑥ 火口中心から１km を超え概ね２km 以内に大きな噴石が飛散

＜硫黄岳（硫黄岳火口外）における噴火の発生＞

⑦ 硫黄岳（硫黄山火口外）における噴火が発生し、居住地域に達しない範囲に影響

（引下げ基準）

上記の引き上げ基準に達しない活動が続き、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）

以下、判定基準の①～⑦について解説する。

＜硫黄岳火口において、火口中心から１km を超え概ね２km 以内に影響を及ぼす噴火の可能性＞

①：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恐れがある。火砕流が火口から概ね１km まで流下した場合は、さらに流下距離を伸ばし、警戒が必要な範囲である１km を超えて火砕流が流下する噴火につながる可能性があると判断してレベル３に引き上げる。

②：地震計による観測を開始して以降、硫黄岳の火口浅部を震源とする高周波地震（A 型地震と BH 型地震）は主に日回数 10 回未満であり、火口浅部で高周波地震が多発した事例はない。火口浅部を震源とする高周波地震の多発は、火口直下への火山性流体の移動・蓄積量増大に伴う現象である可能性があることから、地震回数が前 24 時間に概ね 100 回以上、または展望台東観測点上下動成分で 200μm/s 以上の地震が前 24 時間に概ね 10 回以上発生すれば、火山活動の更なる高まりがみられる状態と判断しレベルを引き上げる。

③：噴火が繰り返し発生していた 2002 年～2004 年にかけて、振幅の大きな火山性微動が観測されており、微動振幅が大きい時では展望台東観測点上下動成分の１分間平均振幅で５μm/s を１時間以上継続し、さらに、一時的に６μm/s 程度まで高まるほどであった。この微動振幅を超えるような、展望台東観測点上下動成分の１分間平均振幅で概ね８μm/s を１時間以上継続する状況になれば、噴火活動が 2002 年～2004 年を上回る規模に発展する可能性があると考えられることからレベルを引き上げる。

④：硫黄岳火口直下の浅部に上昇した火山性流体によって中噴火が発生することを想定する。薩摩硫黄島では、地震計による観測を開始した 1997 年以降、レベル３に該当する噴火は観測されていない。そこで、火砕流が火口から約１km 流下した 2018 年 12 月 18 日の口永良部島の噴火を参考に、火口直下の増圧を示す急激な地殻変動を観測した場合を想定する。仮に火口直下深さ１km で１日に１万㎥の体積膨張があった場合、硫黄岳火口の西南西約１km に設置している展望台観測点における傾斜変動量は約２μrad/日と推定されることから、目安として短時間に１μrad/日を超える傾斜変動を観測すれば、レベル３相当の中噴火が発生する可能性があると判断して、レベルを引き上げる。

⑤：薩摩硫黄島では、定常的に火山ガス（二酸化硫黄）が放出されているとみられる。1990 年～2004 年にかけてはおおよそ 1,000～1,500 トン/日（暫定値）で、放出は安定して

いたと推定されている（篠原・他,2008）。2019 年 12 月～2024 年 12 月にかけて東京大学他が実施したフェリーみしまによる観測では 1,000 トン/日前後（300～2,600 トン/日）で推移している（図４）。今後も観測データを蓄積しどの程度の幅で変動しているかを評価する必要はあるが、他火山を参考に火山ガス（二酸化硫黄）が急増傾向にある場合にはレベルを引き上げる。

＜硫黄岳火口において、火口中心から１㎞を超え概ね２㎞以内に影響を及ぼす噴火の発生＞

⑥：火口中心から１㎞を超えて概ね２㎞以内に影響を及ぼす中噴火が発生した場合、引き続き同規模の噴火が発生する可能性があると判断して、レベルを引き上げる。

＜硫黄岳（硫黄岳火口外）における噴火の発生＞

⑦：硫黄岳では山頂付近から山腹にかけて噴気・地熱域が広く分布しており、地下からの熱供給が活発な状況と考えられる。地下からの火山性流体の供給量が増加した際には、硫黄岳（硫黄岳火口外）の噴気地帯において、噴出点近傍に大きな噴石が飛散する小規模な噴火が発生する可能性がある。そのような噴火が発生した場合、同様の噴火が山体の他の場所も含め再び発生する可能性があるため、レベルを引き上げ警戒が必要な範囲を拡大する。

新たな火口における噴火が繰り返す状況となった場合、その火口を中心とした警戒が必要な範囲を適宜設定する。

（解説：引下げ基準）

上記の基準を満たす大きな噴石の飛散や火砕流が観測されない状況や、振幅が大きな（展望台東観測点上下動成分で 200μm/s 以上）地震の頻度低下や火山性微動の振幅が小さくなる状況、地殻変動が安定している状況などが続き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。

【レベル４】

（判定基準）

次のいずれかの現象が観測された場合にレベルを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＞

○島内または島の周辺海域における現象

① 体に感じる程度の地震の多発（概ね、マグニチュード３が２回/24 時間、またはマグニチュード２が 10 回/24 時間）

② 多量のマグマの上昇を示す顕著な地殻変動

③ 溶岩流が居住地域に接近

○硫黄岳火口における噴火

④ 火口中心から居住地域方向へ１㎞を超え概ね２㎞以内に流下する火砕流を観測

○島の周辺海域における噴火

⑤　居住地域から概ね２㎞以内の深い海域（水深約 100m以深）における噴火

⑥　居住地域から概ね２㎞以遠の海域の噴火規模が拡大傾向

（引下げ基準）

上記に該当する現象が観測されなくなり、火山活動の低下が続いたと認められた場合には、レベルを引き下げる。

（解説：判定基準）

以下、判定基準の①～⑥について解説する。

○島内または島の周辺海域における現象

①及び②：薩摩硫黄島のレベル４及び５の火山活動としては、500～600 年前に発生した、火砕流を伴うマグマ噴火が相当すると考えられる。しかし、この噴火に関する詳細な歴史資料は確認されていない。そこで 1934 年の昭和硫黄島形成時の活動を参考に、同様の火山活動が硫黄岳直下または島の周辺海域で発生することを想定する。

1934 年の昭和硫黄島が形成される前に、島周辺を震源とする体に感じる地震が多発しており、多量のマグマ上昇が伴っていたとみられる。硫黄岳直下またはその周辺で、こうした多量のマグマの上昇を示す顕著な地殻変動または体に感じる地震の多発（概ね、マグニチュード３が２回/24 時間、またはマグニチュード２が 10 回/24 時間）を観測した場合、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性があると判断してレベル４へ引き上げる。なお、想定した基準の回数を満たしていなくても規模の大きな地震の発生頻度や地殻変動の状況を鑑みて、レベルの引上げを判断する場合もある。

顕著な地殻変動量としては、鹿児島県作成の火山防災ハザードマップで試算された、火砕流が硫黄岳火口から約２㎞付近に及ぶ際の総噴出量（100 万㎥、図９）を参考に、火口浅部（火口直下深さ１㎞）に１日あたり 40 万㎥（総噴出量 100 万㎥をマグマ体積量に換算）の体積変動（球状圧力源）を想定すると、展望台観測点の傾斜計で約 30μrad/日の変動量が生じると概算される。なお、傾斜変動量は観測点から圧力源にかけての距離や圧力源の体積変動量、想定する圧力源モデルにより大きく異なることから、数値基準は設けない。居住地域に重大な被害を及ぼす噴火を発生させうる地殻変動量と判断されればレベル４への引上げ条件を満たすとする。

③：薩摩硫黄島の硫黄岳火口を含む陸域や周辺海域で噴火が発生し、溶岩流が居住地域方向に流下し、居住地域に接近した場合はレベルを４に引き上げる。硫黄岳火口からの溶岩流が居住地域方向に流下した場合、居住地域に達するまでの時間的猶予を考慮して、溶岩流が山麓付近に達し、さらなる流下が見込まれる場合にレベルを４に引き上げる。

溶岩流の状況を見て居住地域に影響がないと判断すればレベルを引き下げる。

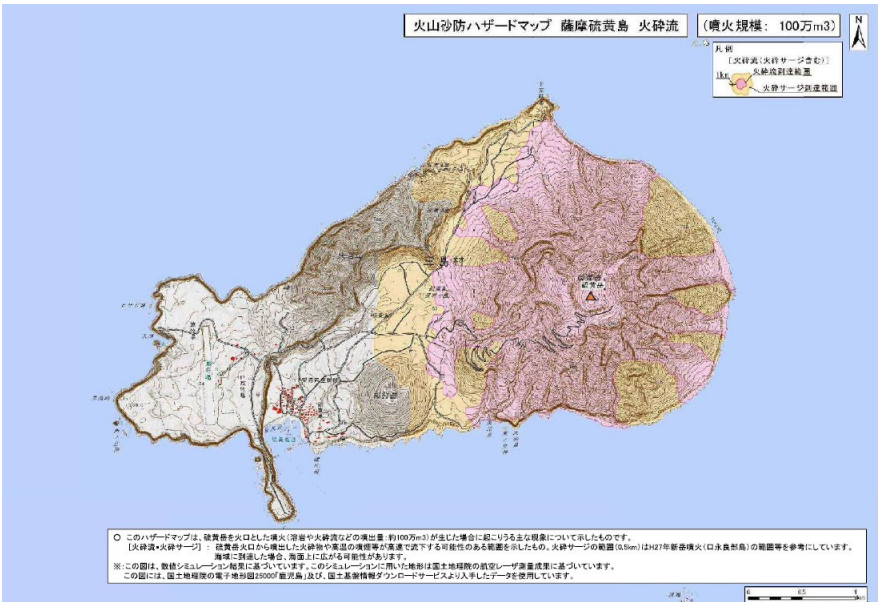



**図９　薩摩硫黄島　火砕流の影響範囲（鹿児島県（2018）、噴火規模：100 万㎥）**

○硫黄岳火口における噴火

④：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恐れがある。火砕流が居住地域方向（火口からおおよそ南西方向～北西方向）へ１km を超えて概ね２km 以内に流下するのを観測した場合は、さらに流下距離を伸ばすような居住地域に重大な被害を及ぼす噴火につながる可能性がある。この場合はレベルを４に引き上げてその後の活動状況を見極めることとする。

○島の周辺海域における噴火

⑤：居住地域から概ね２km 以内の深い海域（水深約 100m以深）で噴火が発生した場合、噴火の初期段階においては海面上に影響を及ぼさず、噴火地点付近の海域における軽石の浮遊や変色水が認められると考えられるが、その後も噴火活動が継続し海底が浅くなれば、大きな噴石や火砕流、溶岩流により居住地域に影響を及ぼす噴火活動に発展する可能性がある。そのため、居住地域から概ね２km 以内の深い海域における噴火が発生したと判断された場合はレベルを４に引き上げる。

⑥：居住地域から概ね２km 以遠の海域で噴火が発生した場合、噴火の初期段階においては居住地域に影響を及ぼさないと考えられ、噴火警戒レベルは２として、警戒が必要な範囲は噴火地点から概ね２km とするが、その後火山活動が高まり、噴火規模が拡大し、大きな噴石や火砕流、溶岩流により居住地域に影響を及ぼす可能性があると判断されればレベルを４に引き上げる。

警戒が必要な範囲は全島を対象とし、居住地域に影響を及ぼす可能性のある噴火が周辺海域で発生した場合には、噴火地点から概ね２㎞ を警戒が必要な範囲とする。なお、居住地域から離れた海域の噴火規模が拡大傾向で居住地域に影響が及ぶ可能性があると判断された場合の警戒範囲は噴火地点からの距離によって設定する。

【レベル５】

（判定基準）

次のいずれかの現象が観測された場合にレベルを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＞

○島内または島の周辺海域における現象

① 規模の大きな体に感じる地震の多発（概ね、マグニチュード４が２回/24 時間、またはマグニチュード３が 10 回/24 時間）

② さらに多量のマグマの上昇を示す顕著な地殻変動

○硫黄岳火口における噴火

③ 火口中心から２㎞ を超えて大きな噴石が飛散

④ 火砕流、溶岩流が居住地域に切迫または到達

○薩摩硫黄島の陸域または周辺海域における噴火が発生し、大きな噴石や火砕流、溶岩流により居住地域に影響

⑤ 陸域における噴火が発生し居住地域に影響

⑥ 居住地域から概ね２㎞ 以内の浅い海域（水深約 100m以浅）における噴火が発生

⑦ 居住地域から概ね２㎞ 以遠の海域における噴火規模が拡大し、居住地域に影響

（引下げ基準）

上記に該当する現象が観測されなくなり、火山活動の低下が続いたと認められた場合には、レベルを引き下げる。

（解説：判定基準（レベル５））

以下、判定基準の①～⑥について解説する。

○島内または島の周辺海域における現象

①及び②：薩摩硫黄島やその周辺の海域において、レベル４の活動をさらに上回る地震活動（概ね、マグニチュード４が２回/24 時間、またはマグニチュード３が 10 回/24 時間）や地殻変動（一日あたり概ね１千万㎥の体積変動）があれば、居住地域に重大な被害を及ぼす規模の大きな噴火が切迫していると判断してレベル５へ引き上げる。なお、想定した回数を満たしていなくても規模の大きな地震の発生頻度や地殻変動の状況を鑑みて、レベルの引上げを判断する場合もある。

○硫黄岳火口における噴火

③及び④：硫黄岳火口からの噴火に伴い、硫黄岳火口中心から概ね２㎞ を超えて大きな噴石が飛散、または硫黄岳火口中心から概ね２㎞を超えて居住地域方向へ火砕流、溶岩流が流下した場合は居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生または切迫していると判断してレベル５に引き上げる。なお、硫黄岳火口等において溶岩ドームが形成・成長し、居住地域方向に火砕流の流下が見込まれる場合にもレベル５とする。

○薩摩硫黄島の陸域または周辺海域における噴火が発生し、大きな噴石や火砕流、溶岩流により居住地域に影響

⑤硫黄岳やその周辺の、薩摩硫黄島の陸域において噴火が発生し、大きな噴石や火砕流、溶岩流による居住地域への影響が切迫または発生した場合、レベルを５に引き上げる。硫黄岳（硫黄岳火口外）で噴火が発生し、レベル３の警戒が必要な範囲（硫黄岳火口中心から概ね２㎞）を超えて大きな噴石が飛散した場合も、レベルを５に引き上げる。

⑥及び⑦：薩摩硫黄島の居住地域付近の海域（居住地域から概ね２㎞ 以内を想定）の水深約 100ｍ以浅で噴火が発生し（水深約 100ｍ以深の海域においても、表面現象の状況等から火山活動により水深が浅くなったと推測される場合も含む）、噴火活動により大きな噴石や火砕流、溶岩流が居住地域に影響を及ぼすと判断される場合、レベルを５に引き上げる。また、居住地域から概ね２㎞ 以上離れた海域で海底噴火が発生した後、噴火規模の拡大傾向がみられ、大きな噴石や火砕流、溶岩流による居住地域への影響が切迫または発生した場合、レベルを５に引き上げる。

警戒が必要な範囲は全島を対象とし、大きな噴石や火砕流、溶岩流により居住地域に影響する噴火が周辺海域で発生した場合には、噴火地点から概ね２㎞ を警戒が必要な範囲とする。なお、居住地域から離れた海域の噴火規模が拡大し居住地域に影響が及ぶ場合の警戒が必要な範囲は、噴火地点からの距離によって設定する。

（解説：引下げ基準（レベル４、５））

レベル４及びレベル５から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、必要に応じて有識者と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。

以上で示したレベル２～レベル５の判定基準のほか、これまで観測されたことのないような火山活動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は、火山活動を総合的に評価した上でレベルを判断することもある。

また、火山活動が新たなステージになった場合や、新たな知見が得られた場合など、火山活動の状況に応じて、随時判定基準を見直すこととする。

各判定基準の振幅基準となる観測点において、障害等により振幅値が得られない場合、代替観測点で相当する震動を観測すれば基準を満たすとする。

なお、噴火警戒レベルの判定基準に現状達していないが、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判断した場合、「火山の状況に関する解説情報（臨時）」を発表する。現時点では、噴火警戒レベルを引き上げる可能性は低いが、火山活動の状況を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」を発表する。

## ５．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、判断基準の改善を進める必要がある。

（１）硫黄岳付近の地震活動に高まりがみられても、噴火には至らない場合や噴火の規模が拡大しない場合がある。こうした要因を検討し続ける必要がある。

（２）レベル４、５における防災対応の検討を踏まえつつ、さらなる改善を進める必要がある。硫黄岳周辺の陸域及び海域における噴火を具体的に想定し、即時かつ適切に防災対応が取れるよう調整を進める必要がある。

（３）中長期的な活動の高まりを示す指標として地震回数や火映観測を判定基準に盛り込んでいるが、今後は、GNSS 連続観測データを蓄積し適宜基準に加えることが望まれる。GNSS 連続観測では、2015 年頃から、薩摩硫黄島と竹島の間の海域における長期的な膨張性の変動が観測されている（図 10）。深部へのマグマ蓄積過程を示している可能性があるが、将来的な薩摩硫黄島やその周辺域における噴火活動への関与の可能性は現時点で不明であり、判定基準への記載は見送っている。今後、マグマ供給系に関する新たな知見が得られれば、判定基準への掲載を検討することとする。また、GNSS 連続観測データに限らず各種観測データの蓄積に併せ、判定基準に設けられた閾値についても適宜見直すことが望まれる。

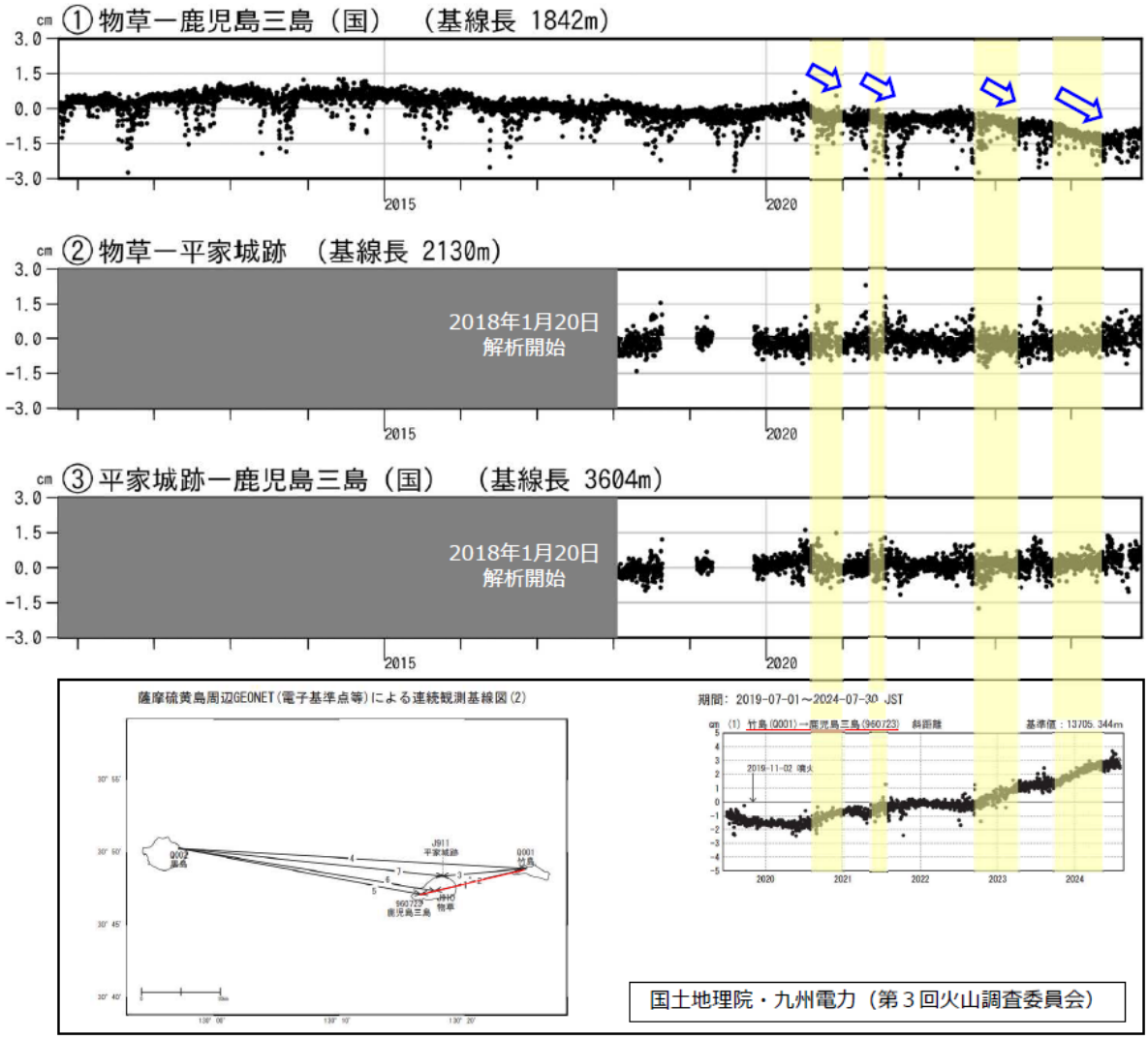



図 10　薩摩硫黄島　GNSS 連続観測による基線長変化（2010 年 10 月～2024 年 11 月）
第４回火山調査委員会資料より抜粋

GNSS 連続観測では、薩摩硫黄島と竹島の間の海域を中心とした膨張性の地殻変動に対応するとみられる変動（青矢印）が認められている。①の基線では、2015 年頃から長期的な縮み傾向がみられており、同様の地殻変動を捉えている可能性がある。

基線は図３の①～③に対応している。
基線の空白部分は欠測を示す。
（国）：国土地理院

《参考文献》

井口正人（2002）：薩摩硫黄島火山における最近の火山活動―1975 年～2001 年―．薩摩硫黄島火山・口永良部島火山の集中総合観測（平成 12 年８月～平成 13 年３月），1-12.

Iguchi, M., Saito, E., Tameguri, T. (2002)：Evaluation of recent activity at Satsuma-Iwojima-Felt earthquake on June 8, 1996-. Earth Platnets Space, **54**, 187-196.

海上保安庁　海洋情報部，海域火山データベース，薩摩硫黄島，海底地形図.
URL：https://www1.kaiho.mlit.go.jp/kaiikiDB/kaiyo30-2.htm

鎌田正明（1964）：鹿児島県硫黄島の火山と地熱．地熱，**3**，1-23.

鹿児島県（2018）：薩摩硫黄島火山噴火緊急減災対策砂防計画.

鹿児島地方気象台・福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター（2018）：霧島山の火山活動－2018 年２月～2018 年５月 31 日－．火山噴火予知連絡会会報，130，213-284.

Kawanabe, Y. and Saito, G. (2002)：Volcanic activity of the Satsuma-Iwojima area during the past 6500years. Earth Platnets Space, **54**, 295-301.

Kazahaya, K., Shinohara, H. and Saito, G. (2002)：Degassing process of Satsuma-Iwojima volcano, Japan: Supply of volatile components from a deep magma chamber. Earth Planets and Space, vol.54, p.327-335.

前野　深・谷口宏充（2005）：薩摩硫黄島におけるカルデラ形成期以降の噴火史．火山，50，71-85.

奥野 充（1996）：南九州の第四紀テフラの加速器 14C 年代（予報）．名古屋大学加速器質量分析計業績報告書（VII），89-109.

奥野 充（2002）：南九州に分布する最近約３万年間のテフラの年代学的研究．第四紀研究，41，225-236.

小野晃司・曽屋龍典・細野武男（1982）：薩摩硫黄島地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅），地質調査所，80p.

Shinohara, H., Kazahaya, K., Saito, G., Matsushima, N., Kawanabe, Y. (2002)：Degassing activity from Iwodake rhyolictic cone, Satsuma-Iwojima volcano, Japan：Formation of a new degassing vent, 1990-1999. Earth Platnets Space, **54**, 175-185.

篠原宏志・斎藤元治・松島喜雄・川辺禎久・風早康平・浦井　稔・西　祐司・斎藤英二・濱崎聡志・東宮昭彦・森川徳敏・駒澤正夫・安原正也・宮城磯治（2008）：火山研究解説集：薩摩硫黄島．産総研地質調査総合センター
URL：https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/satsumaioujima/vr/index.html

田中館秀三(1935)： 鹿児島県下硫黄島噴火概報，火山，2，188-209.

東京大学地震研究所(2015)：海域火山噴火の水深と表面現象について.第 131 回火山噴火予知連絡会資料

Uchida, N., and Sakai, T. (2002)：Analysis of peculiar volcanic earthquaks at Satsuma-Iwojima volcano. Earth Platnets Space, 54, 197-210.

安井　豊（1962）：南九州の群発地震についての一調査．験震時報，**27**，9-24.