

火山学的知見に基づいた整理とその根拠

○火山学的知見のある火山（活動特性の理解が進んでおり、噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がある火山）

近い将来、避難等の防災対策が必要となる噴火（噴火警戒レベル4以上）の発生が予想される火山

火山名	これまで得られた噴火発生予測に関する火山学的知見（経験及び研究成果）
十勝岳	最近約 100 年間のマグマ噴火発生間隔及び現在の活動状況を考えると、今後概ね 10 年程度でレベル 4 の噴火（たとえば 1962 年噴火、積雪期では 1988～89 年噴火）の発生が予想される。考えられている前兆現象は以下の通り（北海道防災会議、1987）。 ・噴火発生の数年前、特に 1 年～半年前から、噴気・地震活動 ・噴火が近づくにつれ益々活発化し、火口付近に亀裂・新しい噴気孔の形成、その他の異常現象
伊豆大島	最近約 250 年間は 30～40 年程度の間隔でマグマ噴火を繰り返している。噴火予知連伊豆部会で噴火シナリオを検討するなど、過去の観測事実から噴火準備から噴火に至る過程の理解がある程度進んだと考えられる。1986 年の噴火時の観測により得られた知見は以下のとおり (a) 噴火準備期には深部へのマグマ注入による膨張が長期的に継続し、噴火数年前になると鈍化がみられる (b) 噴火数ヶ月前からマグマ上昇により火山性微動発生、地磁気・比抵抗変化の加速、熱異常等がみられる可能性がある（山頂周辺の顕著な地殻変動はみられない可能性がある） (c) 噴火直前にはさらなるマグマ上昇により火口内の噴気活動の活発化、微動振幅増大があり、山頂噴火に至る可能性が高い (d) 割れ目噴火は、山頂噴火が前駆する可能性が高い。1986 年噴火では割れ目噴火の 2 時間前から急速な地殻変動と地震活動の顕著な増大がみられた
桜島	ブルカノ式噴火の予測は研究が進んでいる。他方、大正噴火（1914 年）規模の山腹噴火では、噴火発生の前日から有感地震多発などの前兆現象が確認されており、適切な観測と迅速な評価がなされれば、噴火予測ができる可能性が高い。得られている知見は以下のとおり。 ・主マグマ溜りは桜島北方、始良カルデラの地下深さ 10km に存在し、副マグマ溜りは桜島の直下の約 4km に存在すると推定されている。地下深部から主マグマ溜りへのマグマ供給率は、年間約 1000 万立方メートル、1914 年噴火以降のマグマ貯蓄量は 10 億立方メートル以上と見積もられ、現在でもマグマ蓄積が継続している ・A 型地震の多くは南岳山頂直下の発生（0～4km）及び沖小島付近で発生（6～10km）、始良カルデラ内の東部でも発生することがある。桜島南西沖の地震活動は、始良カルデラから桜島を横切るマグマの貫入イベントに関連するという解釈もある。 ・BH 型、BL 型地震や爆発地震は南岳山頂直下の浅い所で発生（0～3km）

	・噴出物の多い山頂噴火については、発生の 10 分～数時間前から微小な前兆地盤変動（火口方向隆起・膨張 0.01～0.2 μ rad.）が観測されることが多い ・B 型地震の群発中に特定周波数が卓越するなど、波形単純化が進行すると、群発地震終了後に爆発的噴火が多発する例が多い ・2006 年 6 月からの昭和火口噴火に先立っては、数年前から桜島周辺部の A 型地震の発生増加や昭和火口の噴気・地熱の異常以外顕著な兆候は認められなかった。昭和火口からの噴火繰り返しにより火口が拡大し、噴火の規模が漸次大きくなっている。 ・山頂噴火の激化、昭和火口からの溶岩や火砕流の流下、また現時点では可能性が低い、山頂噴火や始良カルデラ内の海底噴火なども想定した監視・観測の整備と維持が必要。
--	---

○火山学的知見のある火山（活動特性の理解が進んでおり、噴火発生予測の手掛かりとなる経験や知見がある火山）

上記以外の火山

有珠山	・最近約 100 年間のマグマ噴火は概ね 30 年間隔で繰り返されている ・大森房吉（1911）は地殻変動が最も著しい所に地震や火口が位置し、僅かな変動は広く火山体の周辺部迄及んでいることを明らかにし、「有珠山等では山腹に於いて微動計観測を不断に施行し、依りて以て爆発を予知し得らるべきなり」と結論した（岡田、1986） ・噴火の短期予測として、高粘性マグマ特有の有感群発地震発生、M4～6 級の地震群、A 型から B 型地震への移行が考えられる（北海道防災会議、1973） ・噴火の数十時間～数日前（例えば 1977 年の噴火では約 30 時間前、2000 年の噴火では約 4 日前）から群発地震発生 ・1977 年噴火前に山頂部の顕著な地殻変動（火口原での目撃情報、ロープウエーケーブル長の縮み）があった（門村・他、1988） ・2000 年噴火前に 3 月 28 日 GPS 観測開始から 31 日 12 時噴火直前までの 60 時間に変位量が 1 m を超える非常に大きな地殻変動が進行していた（高橋・他、2002）
岩手山	・1998 年に地震活動の活発化と明瞭な地盤変動が観測された。地震活動は山頂西側で始まり、西方へ約 10km にわたり伸展した。これに同期して、地盤変動源の西方移動も観測された。このことから、1998 年の活動は深部から山頂西側へ上昇したマグマが浅部で停止し、西方へ貫入したことによると解釈された。 ・以上の観測成果は、1998 年当時と同程度の観測を継続すれば、浅部へのマグマ貫入は捕捉可能であることを示している。しかし、深部から浅部へのマグマ上昇過程を明瞭に捉えるには至っていない。また、浅部に達したマグマが地表へ達し噴火するか、浅部で横に貫入し噴火未遂に終わるかの予測は現状では困難。

	・深部からのマグマ上昇過程など未解明な部分は残っているが、様々な観測データを統一的に説明できるモデルが提案されるなど、活動特性の理解はある程度進んでおり、今後も同様な活動があれば噴火発生をある程度予測することが可能であると考えられる（結果として噴火に至らないことは許容範囲と考える）。 ・火山活動史研究によれば、岩手山では歴史時代に2回以上のマグマ噴火発生が明らかになっている。東北地方で歴史時代にマグマ噴火を繰り返したことが明らかな火山は他になく、岩手山は東北地方で最も活動が活発な火山と考えられる。
浅間山	・20世紀前半から1973年噴火までの爆発的噴火が頻発した時期には火口底までマグマが上昇したため、爆発前に明瞭な地震増加や火映などの熱活動の高まりが捉えられた ・1982年～1983年頃の噴火は、マグマが火口底まで上昇しなかったため、噴火規模が小さく従来のように明瞭な前兆は捉えられなかったが、火道内の物理的状态を示す地震活動様式の変化を観測した ・2004年噴火を含む最近の観測事実からマグマ供給系の解明がある程度進んだ。現在認識されている火山活動概要は以下の通り (a) 西側山麓で深部からマグマがダイク状に貫入、関連して山体周辺にA型地震が発生 (b) マグマから分離した高温ガスが火道を上昇して山体浅部に熱を供給し、山頂火口では噴煙活動やB L型地震活動が活発化し、場合によっては小規模噴火が発生 (c) マグマの火道上昇あるいは高温ガスの増加に伴い、火口底で地下水等との熱交換による特異な長周期地震が多発、火口底の高温化が進行して特異な長周期地震活動が無くなった後、さらにマグマが上昇すると山体浅部の膨張及びBH型地震の急増が始まり、その数時間～1日後に爆発的噴火が発生
富士山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・噴火予知連富士山WGでは、古文書等歴史資料、地質資料等をもとに、噴火発生域及びダイク貫入モデルによる1707年宝永噴火シナリオを想定して地震活動及び地殻変動量を推定したほか、それらに基づき観測網の検知力についても調査を行った。 ・以上を踏まえ、噴火観測事例はないものの、火山学的知見に基づき噴火発生予測がある程度可能と判断される火山と位置づける。
伊豆東部火山群	・東伊豆の歪変化量と体積増加量には高い相関が認められ、歪変化量からおおよそのマグマ貫入量を推定することが可能 ・震源位置（特に深さ）を正確に推定することが、噴火の可能性評価のために重要。貫入マグマの密度中立点（深さ数km）の深部活動で止まる場合は噴火の可能性は低く、震源が密度中立点を越えて浅部への移動が始まる場合は噴火に至る可能性が高まる
三宅島	・最近約100年間は20年程度の間隔でマグマ噴火を繰り返している ・地殻変動源や震源から噴火地点が予測できる可能性がある ・2000年噴火を含む観測事実からマグマ供給系の理解がある程度進んだと考えられる。 (a) 長期的な深部へのマグマ蓄積による膨張傾向がみられる

	(b) 地震を伴って深部から浅部に急速にマグマが貫入して噴火に至る
阿蘇山	- 火山活動に関する主な知見は以下の通りであり、最近と同様な活動であれば噴火直前の前兆現象を捉えられる可能性がある (a) 「湯だまり」→土砂噴出→「赤熱現象」→火山灰噴出→鳴動→「ストロンボリ式噴火」→「湯だまり」の三角ダイアグラムが提示されている（須藤、他） (b) 火山性地震の震源分布には火山活動に伴う変化は見られないが、火山性微動は活動に対応して大きく変化する (c) 広帯域にわたる多種類の火山性微動が常に観測されており、さらに短周期微動には連続的の微動から孤立型微動まである。連続型微動は噴火活動前期から振幅増大し、卓越周波数が徐々に低くなり、活動最盛期には 2Hz まで低下する。高周波から低周波への周波数変化は火道拡大を示すと考えられている（須藤、他） (d) 火山活動に伴う地盤変動が極めて小さい火山である（須藤、他）
雲仙岳	1990～1995 年の活動では震源移動や溶岩流出の予測に成功している。今後も同様な活動であれば噴火発生予測はある程度可能と考えられる。予想される活動推移は以下の通り。 (a) 約 4 ヶ月前から橘湾から橘湾東部、島原半島内へと震源移動が捉えられた。さらに 2 ヶ月前には島原半島西部の地震が増加 (b) 溶岩ドーム出現直前には、地殻変動に山体膨張を示す急激な変化、全磁力観測でマグマの上昇による急激な熱消磁、数日前に火口付近での地割れを確認 (c) 傾斜計の長周期振動振幅からマグマ供給量が推計された - 以上の経過から、次のような活動サイクルが想定されている。 橘湾で群発地震→マグマが島原半島方向へ移動→島原半島内で地震が発生→普賢岳山頂付近で群発地震→噴火→溶岩ドームの形成・成長→火砕流の発生→溶岩ドームの成長停止→火山活動の低下または溶岩ドームを形成せず溶岩流が発生

○その他の火山

アトサヌプリ	・近代観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・1994年に山体付近で有感地震が多発、同時期に干渉 SAR によりマグマ貫入によると考えられる山体膨張が捉えられたが（藤原ほか、2005）、表面現象に変化はなかった
雌阿寒岳	・1956年や1959年の噴火（水蒸気爆発）では数日から数十日前から地震活動が活発化した事例がある（北海道防災会議、1976） ・これまでの観測では、地震増加が必ずしも確実な前兆現象とはなっておらず、噴火発生条件の解明が十分ではない ・最近のGPS連続観測で基線変化が報告されているが、現在は適切な地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
大雪山	・近代観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
樽前山	・近代観測の開始以降、経験した噴火事例が少ない（特に、マグマ噴火の経験がない） ・地震増加や火口温度上昇が必ずしも確実な前兆現象とはなっていない
倶多楽	・近代観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
北海道駒ケ岳	・1929年及び1942年の噴火活動は体感できる顕著な前兆は目立たず、前兆に乏しい火山と認識されているが、近代観測開始以前だったため、前兆の有無についての詳細は不明 ・1996年及び2000年の噴火活動前に山体浅部の微小地震群発生、噴気活発化、火口付近の膨張等が認められたが、噴火直前の前兆現象については不確実
恵山	・近代観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
岩木山	・近代観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
秋田焼山	・1997年噴火については、噴火発生予測に関する知見は得られていない

	・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
秋田駒ヶ岳	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない（1970 年噴火では事前の観測が十分ではなかった） ・1970 年噴火直前に山頂部に噴気活動活発化が見られたが、火口付近に発生する地震微動は全く観測されなかった ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
鳥海山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない（1974 年噴火では前年 12 月から地震活動が活発化した可能性が指摘されているが詳細は不明） ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
栗駒山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・最近の GPS 連続観測による基線変化が報告されているが、現在はマグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
蔵王山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
吾妻山	・1977 年小噴火では半年前から噴気活動の活発化がみられたが、噴火発生予測に関する知見は得られなかった ・2002 年頃から数年毎に地震活動活発化とそれに同期する大穴火口を囲む G P S 基線の伸びが繰り返し観測されている中、2008 年 11 月に大穴火口で噴気活動が活発化した、噴火発生予測に関する知見は得られていない
安達太良山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・1995 年に微動が観測され始め、1996 年に泥の飛散、噴気地熱地帯の拡大、1997 年全磁力観測で消磁の進行が捉えられたが、噴火発生予測に関する知見は得られていない
磐梯山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・2000 年 4 月 26 日に磐梯山西南西約 5km で M4.3 の構造性地震発生後、火山性地震が発生し始めた。高周波地震と周期 10 秒の長周期成分を含む微動も観測された（長周期微動源は深さ 5km 程度と推定）。震源移動や時空間的变化は見られず、傾斜計や GPS 観測で明瞭な地殻変変動は見られなかった。最終的に噴火発生はなく、噴火発生予測に関する知見は得られていない
那須岳	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
日光白根山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない。 ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
草津白根山	・1976 年水釜火口噴火では熱的前兆現象が見られたが、地震活動に有意な変化は認められなかった

	・1982 年～1983 年噴火活動では、気象庁の地震観測で噴火直前に地震増加や数日前の火山性微動発生を検知した ・1989 年～1990 年の活動では湯釜火口直下の深さ 550-900m で熱消磁を観測した ・これまでの観測事例では、噴火直前の地震増加や微動発生、熱消磁などの現象は火口直下熱水系の活発化を示唆するが、現時点ではそのメカニズムや噴火発生条件の解明には至っていない ・傾斜計、GPS 観測による経験が浅く、事例の蓄積中 ・なお、火山化学的観測による噴火予測の可能性が指摘されているが、連続監視に関しては今後の研究成果が待たれる
新潟焼山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
焼岳	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
乗鞍岳	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
御嶽山	・1979 年 11 月噴火前に広域ネットにより前兆地震活動が検知されたが、山体近傍の観測点が無く詳細は不明 ・1991 年 5 月ごく小規模噴火に先立ち、気象庁の観測で地震微動活動の活発化がみられた ・2007 年 3 月ごく小規模噴火に先立ち、2006 年 12 月からマグマ貫入による山体膨張と地震活動が広域ネットで捉えられた。2007 年 1 月下旬以降には貫入マグマの上側に当たる山体浅部で低周波地震や火山性微動が発生し始め、1 月 25 日には貫入マグマが山体浅部熱水系を加熱したため山頂南西側 2km 地表から深さ約 2.5km に超長周期地震が発生した。以降、3 月まで低周波地震・微動活動は断続し、ごく小規模噴火が発生した。超長周期イベント発生時に噴火に至らなかった理由は解明されていない
白山	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
箱根山	・2001 年噴火未遂でみられた地殻変動は神山・駒ヶ岳付近の深さ 3.4km にマグマ貫入があり、さらに大涌谷付近の深さ 1.1km で熱水による体積増加があったと考えられている ・2001 年に比べると規模は小さいが、同様な地殻変動を伴う地震活動がその後も時々みられている ・しかし、噴火の観測事例が無く、噴火発生条件の解明が十分出来ていない
新島	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない
神津島	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない
八丈島	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない

	・2002年のダイク貫入イベントは島嶼地域のため観測データが不十分なため、メカニズム等が十分に解明されていない面がある
青ヶ島	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
硫黄島	・元山付近を中心とする顕著な隆起の地殻変動や地震活動活発化が繰り返されている ・隆起域の縁辺部で小規模噴火が時々発生しているが、噴火に先立つ明瞭な前兆が必ずしも観測されているわけではない
鶴見岳・伽藍岳	・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・現在、マグマ貫入を捉えるために適した地殻変形観測網がなく、マグマ貫入の有無は不明
九重山	・1995年噴火は観測体制が充実していない中で発生したため、前兆現象の有無は不明 ・その後、電磁気・熱・地熱構造等の研究が進み、モデルも提案されているが、次の噴火の前兆現象が捉えられるかどうかは不透明 (a)震源の深さはごく地表近くから地表下1.5km程度までであり、硫黄山直下の地震活動は、硫黄山の熱過程と密接に関連すると推定される (b)硫黄山地域の活動について地下熱水活動モデル（江原、1981；江原・藤光、1996；吉川・須藤、2002等）が提示されている (c)1995年噴火の火口列は噴気地帯の縁辺部にあたり、噴火前から継続していた収縮に伴い割れ目が形成され水蒸気噴火が発生した可能性がある (d)現在定常的な収縮傾向にあることから、継続的な収縮で強度限界に達すれば割れ目が形成され、熱水対流系との通路が形成され水蒸気爆発が発生する可能性が指摘されている（斉藤・他、2003）
霧島山	【新燃岳】 1991年や2008年の水蒸気爆発では事前に微小地震多発や地殻変動等の変化を捉えており、次の噴火でも前兆が期待されるが、地震増加があっても噴火に至らない場合もあり、噴火発生条件が十分解明できていない ・過去の活動から、水蒸気爆発→マグマ水蒸気爆発→マグマ噴火と移行することが知られている（小林他、1991） ・1991年噴火では、震動観測・光波測量・水準測量・熱観測・電磁気観測等により噴火前後の変化が捉えられた（鍵山他、1992） ・2008年噴火では、GPS繰返し観測や連続観測で山体膨張を捉えており、直前には地震が増加した 【御鉢】 ・近代的観測の開始以降、経験した噴火事例がない ・2003～2004年の噴気活動活発化では、振幅のやや大きな微動を伴っている ・MT調査や人工地震探査等では御鉢の地下10km以浅にマグマ滞留が見られず、より深部から急速にマグマが供給され则认为ら

	れている（鍵山他、1997）
薩摩硫黄島	地震活動や地殻変動観測では明瞭な噴火予測が実現していない。主な研究成果は以下のとおり。 ・ GPS による地殻変動観測では、硫黄岳の噴火と基線長変化に明瞭な関係は認められていない（京大、2004） ・ また、地震の発生回数についても噴火発生との明瞭な関係が不明である ・ 1990 年以降の硫黄岳での活動の高まりはピークを過ぎたと考えられているが、硫黄岳浅部にマグマが存在していることが示唆されている。また、1934 年の薩摩硫黄島東方での海底噴火のように、周辺海域での噴火の可能性もある（集中総合観測報告）
口永良部島	地殻変動観測で山体膨張が捉えられるなど、前兆現象と考えられる変化を捉えているが、噴火発生条件の解明が十分ではない ・ 次の噴火が水蒸気爆発で始まったとしても、マグマ噴火に移行する可能性は十分考えられる。最近の観測でマグマが新岳地下（地下水よりも深い場所）に推定されている ・ マグマ溜まりについては全くわかっていないのが実情だが、もし存在するとすれば、口永良部島北東沖にカルデラが推定された領域が最も可能性があると考えられている
諏訪之瀬島	今のところ災害が発生するほどの活動は見られないが、定常的な噴火活動を続けており、個々の活動期についてはある程度予測が研究されている。ただ、どの程度予測可能かについてはまだ不透明な部分がある。 ・ 文化噴火（1813 年）の噴火様式に関する報告によると、活動は以下の推移をたどった。 マグマ水蒸気噴火・小規模なマグマ噴火 → 火砕流の発生・準プリニー式噴火・溶岩噴泉・溶岩流 → 山体崩壊による岩屑なだれ