

火山防災対策を検討するための
浅間山の噴火シナリオ
(小～中規模噴火／大規模噴火)

令和4年1月

浅間山火山防災協議会

はじめに

本シナリオは、浅間山の火山防災対策を検討するために、過去の噴火実績から火山活動の特徴を整理し、活動の推移や影響範囲について一定の類型化を行って、推移表、フロー図、遷移表として取りまとめたものである。

過去の噴火実績の整理にあたっては、近年も繰り返し発生している小～中規模噴火と、天仁噴火・天明噴火に代表される、甚大な被害や社会的影響をもたらす大規模噴火とを区分した。小～中規模噴火のシナリオは、平成 19 年度に浅間山に噴火警戒レベルを導入した際に検討されたシナリオをベースとしつつ、それ以降の知見も加えて再整理した。また、大規模噴火のシナリオについては、最新の地質学的研究により、天明噴火、天仁・大治噴火ならびに古墳時代初期の噴火について新たな知見が得られていることから、こうした知見を取り入れて改めて検討を行った。

本シナリオは、噴火警戒レベルと連動した防災対策の検討、また、大規模噴火時における広域避難体制の検討への活用のほか、浅間山噴火に関する住民の皆様の理解醸成にも役立つものと考えている。

火山防災対策を検討するための浅間山の噴火シナリオ
(小～中規模噴火／大規模噴火)

目次

1. 作成の目的	・・・	3
2. 噴火資料等の整理		
2.1 過去の噴火実績の整理	・・・	3
2.2 シナリオの整理に向けた噴火の区分	・・・	11
3. 小～中規模噴火の推移とその想定		
3.1 過去の小～中規模噴火の特徴の整理	・・・	14
3.2 小～中規模噴火の影響範囲の想定	・・・	21
3.3 火山活動推移の時系列での整理	・・・	25
4. 大規模噴火の推移とその想定		
4.1 過去の大規模噴火の特徴の整理	・・・	31
4.2 大規模噴火の影響範囲（実績及び想定）	・・・	33
4.3 大規模噴火の推移の想定	・・・	39
4.4 天明噴火の火山活動の時間的推移	・・・	46
5. まとめ	・・・	48
参考文献一覧	・・・	49
参考図	・・・	参考－1～2

巻末資料 浅間山の噴火実績の整理表

1. 作成の目的

活火山である浅間山はこれまで繰り返し噴火が発生しており、過去には噴火に伴う大きな被害も生じている。今後も発生が予想される浅間山の噴火による災害の軽減を目指し、火山防災対策を検討するための浅間山の噴火シナリオを作成し、これを関係機関で共有することとした。

浅間山噴火シナリオ作成の具体的な目的は以下の通りである。

- ① 次の噴火に備え、浅間山では過去にどのような噴火が発生し、どのような被害があったのか、噴火の特徴についての共通イメージを持つため。
- ② 過去の噴火活動の前後でどのような現象がみられたのか、火山活動の推移についての共通イメージを持つため。
- ③ これらを踏まえ、警戒区域の設定、道路規制、住民避難などの防災対策を検討するための基礎資料とするため。

2. 噴火資料等の整理

2.1 過去の噴火実績の整理

(1) 浅間山の形成史

現在の浅間山は黒斑^{くろふ}、仏岩^{ほとけいわ}、前掛^{まえかけ}の3つの火山から構成されており（図-2.1.1）、それぞれの活動期は荒牧(1968)¹⁾、荒牧(1981)²⁾および利根川水系砂防事務所(2004)³⁾によると以下のように分類される。

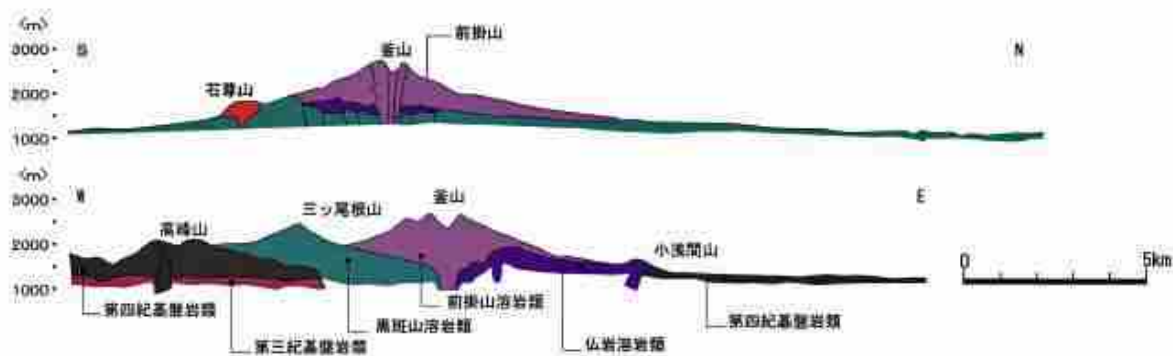


図-2.1.1 浅間山の断面図 (利根川水系砂防事務所(2004)³⁾から抜粋)

①黒斑火山期（約10万年前～約2万年前）

もっとも古い黒斑火山（現在の最高点は三ツ尾根山、海拔2455m）は、最盛期には標高2800m以上に達する富士山型の火山であった（図-2.1.2回）。この時期の噴出物総量は約41km³と見積もられている。

黒斑期の最後、約2万5千年前頃に大規模な山体崩壊が発生し、東側に崩れた土砂は岩層なだれ^{がんせつ}*1 となって山麓に広がり、広範囲に流れ山^{なれ}*2 を形成した（図-2.1.2回）。ま

た、北へ流れた岩屑なだれは吾妻川^{あがつま}へ流れ込み、前橋付近まで泥流（前橋泥流）として一気に流れ下った。この山体崩壊で形成された流れ山は、より新しい時代の火砕流などの堆積物により既に埋没しているものも多いが、南側の塚原付近や北側の^{おおくわ}応桑付近では流れ山地形を確認することができる。

②仏岩火山期（約2万年前～1万年前）

黒斑火山期の最後に山体崩壊で形成された馬蹄形のカルデラの中に、仏岩火山が形成された（図-2.1.2③）。この時期には離山^{はなれやま}や小浅間山溶岩ドーム^{こあさま}も形成された。

仏岩火山が最も活発に活動したのは約1万3千年前である。まず、降灰と噴石^{※3}が噴出し、次いで大規模な火砕流（第1小諸火砕流）が発生した^{※4}。その後、1万1千年前にも大規模な噴火が生じ、降灰と噴石、火砕流（第2小諸火砕流）が噴出した^{※4}（図-2.1.2④）。

③前掛火山期（約1万年前～現在）

現在の前掛火山（海拔 2568m）はもっとも新しい山体で、この活動期間には数百年に一度の頻度で巨大な噴煙柱^{※5}を形成して大量の軽石や火山灰を広範囲に降らせる噴火（プリニー式噴火^{※6}）を繰り返した（図-2.1.2⑤）。

天仁噴火は有史以降最大規模の噴火で、天仁元年（1108年）に起こり追分火砕流や上舞台溶岩流^{かみのぶたい}などが噴出した（図-2.1.2⑥）。

その後、天明三年（1783年）にも規模の大きな噴火（天明噴火）が発生した。広範囲に軽石や火山灰が降り、山腹には吾妻火砕流^{あがつま}や鬼押し出溶岩^{おにおしだ}が流下した。噴火の最後には鎌原火砕流^{かんぼら}・岩屑なだれが発生し、その土砂が吾妻川から下流の利根川に至る泥流を発生させた（図-2.1.2⑦）。

明治以降は、山頂火口からブルカノ式噴火^{※7}や水蒸気噴火^{※8}などの爆発的な噴火^{※9}を繰り返している。

※1 岩屑なだれ：火山の爆発や地震などによって発生した山体崩壊により崩れ落ちた多量の土砂が流れ下る現象。

※2 流れ山：山体崩壊によって崩れ落ちた土砂が山麓に流下してきた大小の小山。

※3 噴火により火口から噴出する火砕物に関する表現は、必ずしも定義が統一されていない。本シナリオにおいては、以下のように定義して使用することとする。

噴石	噴火により火口から噴出する石質岩片または軽石で、防災上警戒・注意すべき大きさのものを総称して噴石と呼ぶ。
軽石	プリニー式噴火で主に噴出する、マグマの発泡による多数の空隙を持つ白色系統の噴出物（軽石）や黒色系統の噴出物（スコリア）を、本シナリオではまとめて軽石と呼ぶ。浅間山の天明噴火で噴出した軽石の密度は0.8g/cm ³ 程度。
粗大軽石	プリニー式噴火で主に噴出・降下する軽石のうち、降下地点における平均的な粒形分布よりも著しく大きい軽石。石質岩片と比較して密度が小さいので、大きさ20～30cm以上であっても、風の影響を受けながら場合によっては火口から10kmを

	超えて飛散することがある。
石質岩片	ブルカノ式噴火で主に噴出する安山岩質の岩片。密度は2.5g/cm ³ 程度。
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。生命に対する危険性が高く、防災上の観点から「大きな噴石」と呼称する。 注) 本シナリオでは、概ね20～30cm以上の石質岩片を「大きな噴石」と呼ぶこととし、同様の大きさの軽石については「粗大軽石」と書き分ける。
小さな噴石	直径数cm程度の、風の影響を受けて遠方まで流されて降る噴石のこと。特に火口付近では、小さな噴石でも弾道を描いて飛散し、登山者等が死傷することがある。
火山岩塊	噴火により火口から噴出する火砕物のうち、直径64mm以上のもの。 注) 本シナリオでは、石質岩片について用いることとする。「大きな噴石」は火山岩塊に含まれる。
火山礫	噴火により火口から噴出する火砕物のうち、直径2mm以上64mm未満のもの。 注) 本シナリオでは、石質岩片について用いることとする。
降下火砕物 (降灰) / 火山灰	噴火により火口から噴出する火砕物のうち、直径2mm未満のもの。風によって火口から離れた広い範囲に拡散する。
火山砂	火山灰の中でも、直径2mm～1/16mmのものを火山砂という。粒子の比較的粗い火山砂は、爆発的なブルカノ式噴火に特徴的な降下火砕物である。直径1/16mm未満のものは火山シルト、直径1/256mm未満のものは火山粘土という。

- ※4 本文中の年代は放射性炭素年代による。第1小諸火砕流の較正年代は約1万5千年前、第2小諸火砕流は約1万3千年前。
- ※5 噴煙柱：噴煙が柱のように立ち上る状態。噴火によって火砕物とガスの混合気体が火口から噴出すると、混合気体は周りの空気を取り込みながら運動量、熱量、質量などの保存則のもとで上昇を続け噴煙柱を形成する。
- ※6 プリニー式噴火：巨大な噴煙柱を形成し、大量の軽石やスコリアを放出する噴火で、西暦79年に麓の町ポンペイを埋めたベスビオ火山（イタリア）の大噴火が代表例。プリニーはこの噴火時に救援のために活躍した博物学者でローマ艦隊の提督である大プリニウス（もしくは、彼の甥でこの噴火を克明に記録した小プリニウス）の名前に由来する。なお、プリニー式噴火の中でも規模が比較的小さいものを準プリニー式噴火と呼ぶことがあるが、本シナリオではまとめてプリニー式噴火として扱う。
- ※7 ブルカノ式噴火：マグマなどの噴出物を爆発的に放出する型式の噴火で、火砕物（火山岩塊・火山礫・火山灰）を噴出し、溶岩流や火砕流を伴うことがある。イタリアのある火山の名前に由来する。桜島や浅間山の小・中規模噴火によく見られる。
- ※8 水蒸気噴火：火山の地下にある水が火山体下部の熱源（上昇したマグマなど）により加熱され、または減圧により、急激に水蒸気となって膨張することを駆動力とする噴火のこと。
- ※9 爆発的な噴火
爆発音や空振を伴い、周囲の岩石を破壊して火砕物（火山岩塊・火山礫・火山灰）を飛散させる噴火。



約 10 万年～約 2 万年前



約 2 万年前



約 2 万年～約 1 万 7 千年前



約 1 万 7 千年～1 万 1 千年前



約 1 万年～900 年前



天仁元年 (1108 年)



天明三年 (1783 年)

図一2.1.2 浅間山の形成史
利根川水系砂防事務所・長野県・群馬県(2003)⁴⁾より抜粋

○他火山のプリニー式噴火の例

霧島山(新燃岳)2011年噴火



VEI3

2011年1月27日(鹿児島空港上空より北東方向、気象庁撮影)

北海道駒ヶ岳1929年噴火



VEI4

1929年6月17日(森町側から、根本, 1930)

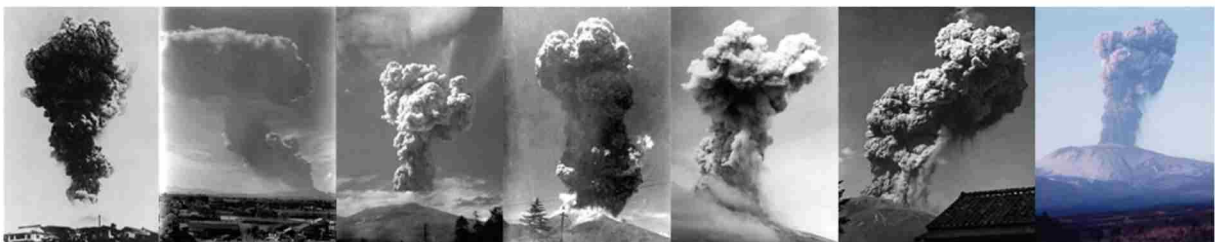
ピナツポ火山(フィリピン)1991年噴火



VEI6

1991年6月12日(東側のクラーク空軍基地(現クラーク国際空港)から撮影)
出典: U.S. Geological Survey (USGS)/photo by Harlow, Dave

○浅間山 明治以降の小～中規模噴火 (ブルカノ式噴火)



1931年8月20日

1935年11月7日

1938年9月26日

1947年8月14日

1954年1月12日

1958年12月14日

1973年2月15日

(2) 浅間山の噴火履歴及び噴出物量の推移

①過去 3 万 5 千年間の噴出物量の概要

浅間山の過去 3 万 5 千年間の噴出物量は、仏岩火山が最も活発に活動した約 1 万 3 千年前までで大半を占める (図-2.1.3)。その後は、長期にわたり噴出物量の少ない期間が続いたものの、有史以降は、数百年に一度の頻度で多量の噴出物を伴う噴火 (天仁噴火、天明噴火など) が発生している。

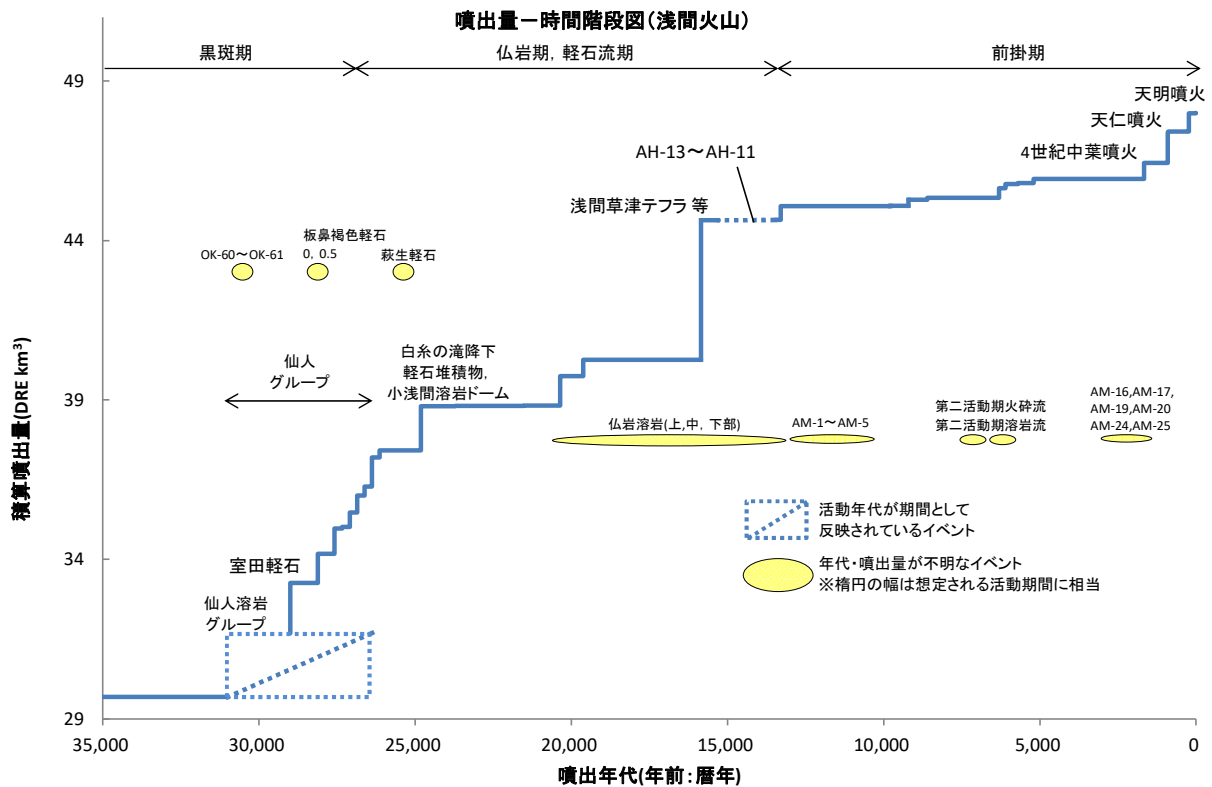


図-2.1.3 浅間山の過去 3 万 5 千年間の積算噴出物量-時間階段図 (階段ダイアグラム^{※10}) (山元 (2014) ⁵⁾)

※文献によっては噴出物量及び有史以前の噴火年代が異なる場合がある。

※10 階段ダイアグラム

縦軸に噴出物量の積算、横軸に噴火年代をとった階段状のグラフ。単位時間あたりの噴出物量 (噴出率) から、次の噴火の噴出物量や噴火時期など火山活動の長期予測に活用される。噴出率に定常性が認められる場合は長期予測が可能となる。しかし、活動間隔が長い火山のように、1回の噴火で大量のマグマを放出したり、長期間活動を休止する場合など、噴出率の定常性が認められない場合の長期予測は難しい。

②前掛火山における大規模噴火の履歴

前掛火山が活動した過去約1万年間の噴出物量について詳しく見ると、地質調査の結果から、約8千年前の噴火では 0.17km^3 、約6.5千年前の噴火では 0.26km^3 、約6千年前の噴火では 0.085km^3 、約5千年前の噴火では 0.085km^3 と推定されている(図-2.1.4)。

有史以降は、数百年に一度の頻度で多量の噴出物を伴う噴火(古墳時代 0.63km^3 、天仁・大治噴火 0.9km^3 、天明噴火 0.51km^3 など)が発生している。これらの大規模噴火では、多量の軽石を含む大規模な噴煙柱を形成する噴火を繰り返し、火砕流、溶岩流、噴石、降灰、空振、火山ガス、岩屑なだれや降雨による泥流、土石流などを伴って、大きな災害を引き起こしている。

天仁噴火以降の噴火については、過去の資料・文献に当時の様子を見ることができる。こうした資料・文献^{6)~22)}から収集・整理した噴火実績を巻末資料に示す。

なお、有史以降の記録に残されている噴火は、近年の小～中規模噴火も含め、全て現在の山頂火口から発生している。

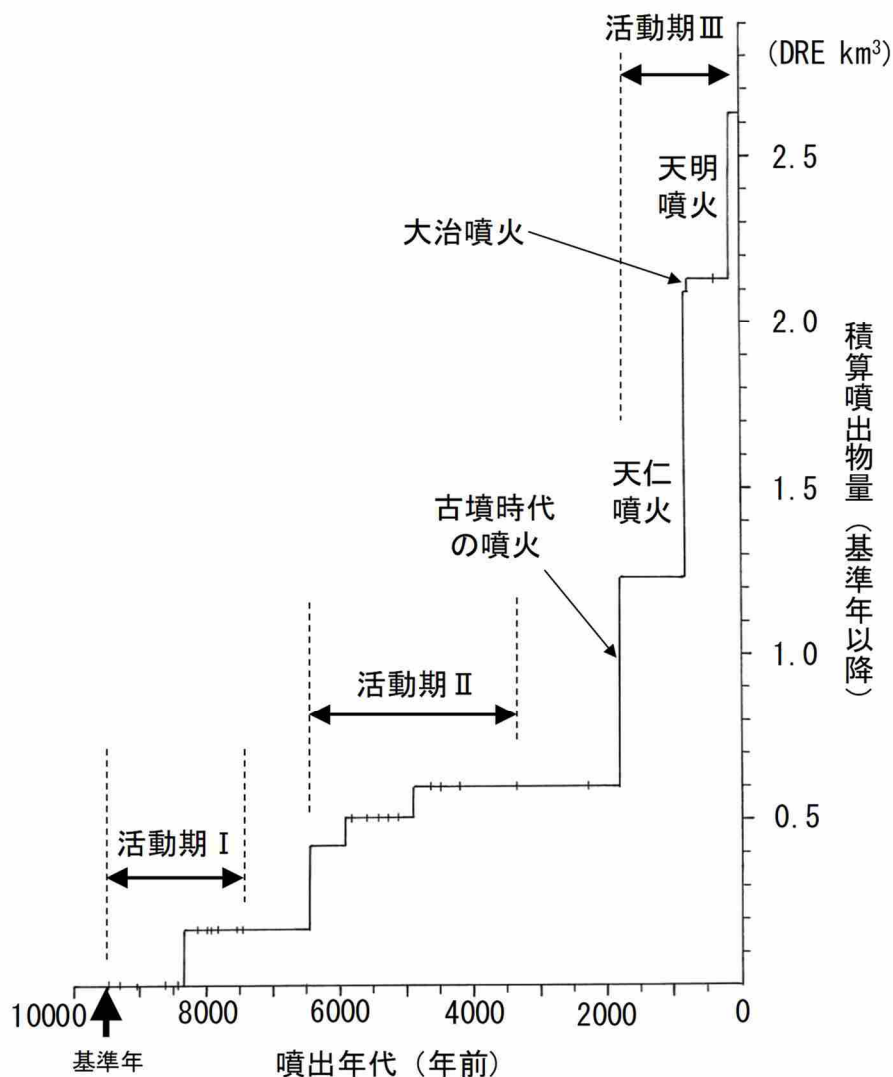


図-2.1.4 浅間山における過去1万年間の噴出物の推移を示す階段ダイアグラム (Takahashi et al., submitted²³⁾に加筆)

③明治以降の噴火履歴

近代的な火山観測が行われるようになった明治以降、1960年頃まで毎年のように爆発的な噴火が発生した。その後は火山活動がやや低下し、1973年、1983年、2004年に一定規模の噴火が発生している。

図-2.1.5は明治以降の浅間山の噴火回数を規模別に示したものである。ここで、噴火規模Aクラス～Dクラスは宮崎(2003)⁹⁾に基づく分類である。なお、本シナリオの3.2章以降では、明治以降に発生した噴火の噴火規模を、噴石と火砕流の到達範囲から「中噴火」「小噴火」と分類している。これらの間に明確な対応があるわけではないが、概ねAクラスが中噴火に相当、Bクラスが中噴火～小噴火（なかでも比較的規模の大きい噴火）に相当、Cクラスが小噴火に相当、Dクラスが小噴火（なかでも比較的規模の小さい噴火（ごく小規模な噴火を含む））に相当する。

明治以降の噴火の発生状況を概観すると、1900年代後半から1960年頃にかけては噴火回数が多く、比較的規模の大きな噴火も多数発生している。1938年と1958年の噴火はその中でも規模が大きい噴火として知られており、1938年の噴火では直径50cm以上の大きな噴石が、東京大学浅間火山観測所（火口から約4km）を超えて飛来したことが確認された¹⁹⁾。

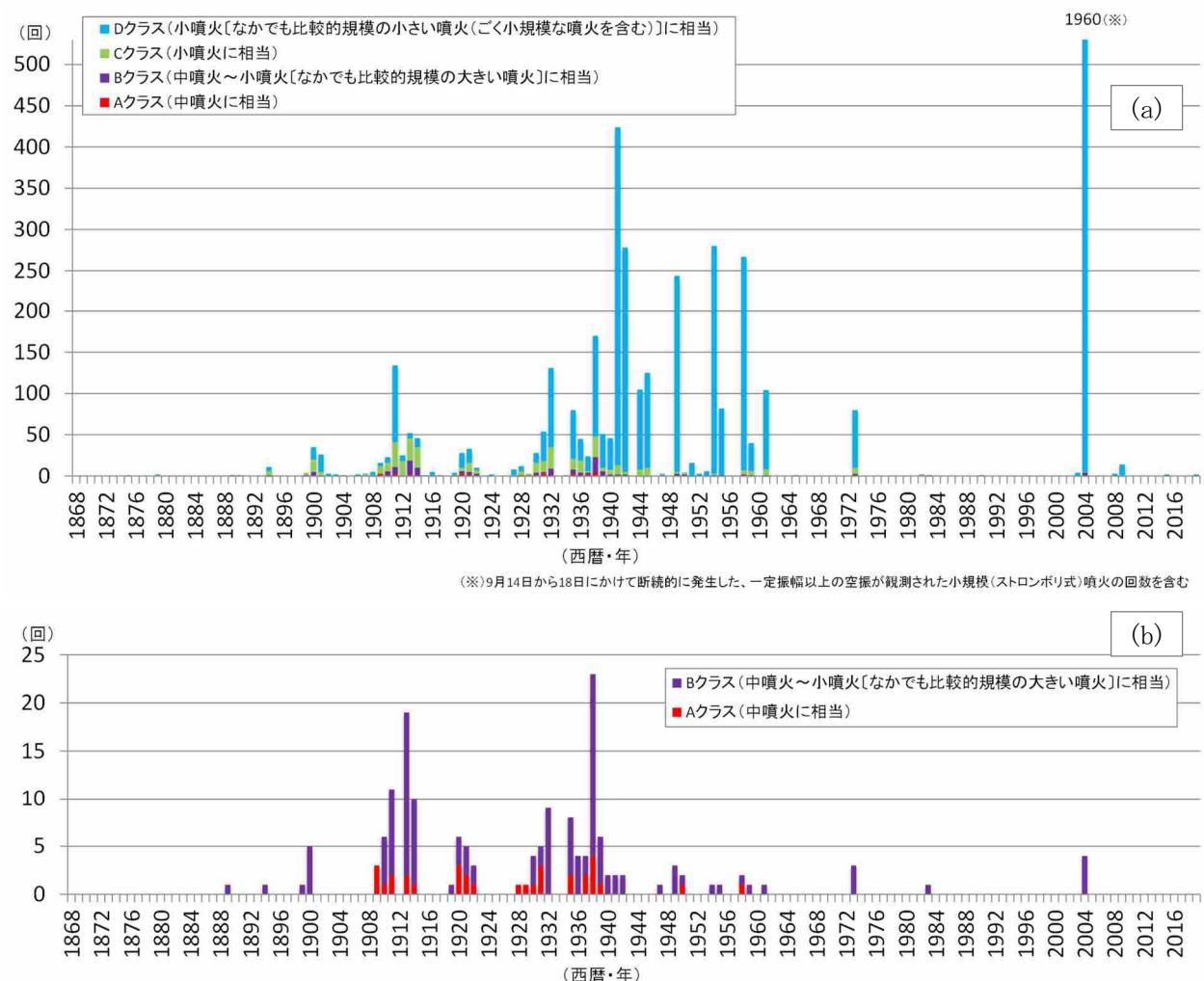


図-2.1.5 明治以降の浅間山の噴火時期と噴火回数（1868～2019年）。噴火規模（A～Dクラス）は宮崎(2003)⁹⁾及び気象庁資料等を基に検討し分類したもの。

(a)噴火規模A～Dクラスの噴火回数 (b)噴火規模A・Bクラスの噴火回数

1958年の噴火以降、火山活動はやや低下したものの、1961年、1973年、1983年と約10年間隔で噴火を繰り返した。2000年以降では、2003年～2004年、2008年～2009年、2015年及び2019年に噴火が発生している。2004年9月1日の噴火では、火口から約6kmの地点に最大3cmの火山礫が降下したことが確認された。なお、2004年の噴火回数は、9月14日から18日にかけて断続的に発生した小規模なストロンボリ式噴火について個々の噴火の回数を計数しているため回数が多くなっているが、1900年代前半の活動と比較して火山活動が突出しているわけではない。

これらは全て現在の山頂火口で発生した爆発的噴火^{※9}であり、降灰・噴石・空振を伴い、まれに火砕流が発生している。

2.2 シナリオの整理に向けた噴火の区分

(1) 噴火規模と形態及び噴火に伴う現象（図-2.1.4）

浅間前掛火山の活動期は大きく3つの期間に区分される。このうち最も新しい第Ⅲ活動期(約2000年前～現在)には4回の大規模噴火が発生しており、天明噴火(1783年)の噴出物量は 0.51km^3 、天仁・大治噴火(1108年～)は合計で 0.9km^3 、古墳時代初期の噴火は 0.63km^3 と見積もられている。また、第Ⅱ活動期(約6500年前～約3500年前)の大規模噴火は3回知られており、各々 0.085km^3 ～ 0.26km^3 の噴出物量が推定されている。こうした大規模噴火は、多量の軽石を含む大規模な噴煙柱を形成する噴火を繰り返し、火砕流、溶岩流、噴石(主に粗大軽石や多量の軽石。火山岩塊や火山礫を含む)、降灰、空振、火山ガス、降雨による泥石流、土石流などを伴い、天明噴火では岩屑なだれを発生させている。

また、特に第Ⅰ活動期(約9500年前～約7500年前)及び第Ⅱ活動期を中心に、こうした大規模噴火と比べて一回り小さい規模の軽石噴火が比較的多く発生していることが確認されている。ただし第Ⅲ活動期で確認されているのは1回のみである(16世紀～18世紀前半までの間に発生したと推定)。

一方、これらの大規模噴火の間には爆発的噴火^{※9}が繰り返し発生している。その噴出物量の規模は大規模噴火の1/100から1/10000程度と見積もられる。多くは地層に痕跡を残さない程度の噴火であり、地層からその状況を推定することは困難である。こうした爆発的噴火では、噴石(火山岩塊、火山礫)、降灰、空振、火山ガス、小規模な火砕流とそれによる融雪型火山泥石流、降雨による土石流などを伴う。近代的な火山観測が行われるようになった明治以降に発生している噴火もこの範疇である。

以上を踏まえて、噴火規模(噴出物量)を大きく二つに区分し、それぞれの噴火形態及び伴って発生する現象を以下のとおり整理した(表-2.2.1、表-2.2.2)。

表-2.2.1 噴火規模による噴火の区分

噴火様式	区分	影響範囲※	想定される現象※	防災対応の特徴
爆発的な噴火	小～中規模噴火	山頂周辺～山腹	噴石（火山岩塊、火山礫）、降灰、空振、火山ガス、小規模な火砕流とそれによる融雪型火山泥流、降雨による泥流、土石流	<ul style="list-style-type: none"> ・影響範囲からの迅速な避難 ・前兆現象把握から噴火までのリードタイムが短い可能性
巨大な噴煙柱を形成する噴火	大規模噴火	山麓全域（降灰等はより広域に影響）	火砕流とそれによる融雪型火山泥流、溶岩流、噴石（主に粗大軽石や多量の軽石。火山岩塊や火山礫を含む）、降灰、空振、火山ガス、岩屑なだれ、降雨による泥流、土石流	<ul style="list-style-type: none"> ・影響範囲からの迅速な避難 ・広域避難を含む対応が必要

※影響範囲及び想定される現象については、次章以降で詳しく記述する。

なお、小～中規模噴火については、上述のとおり、多量の軽石を飛散させる比較的小規模な噴火の発生も確認されているが、その発生に至るまでの推移が明らかではないことから、最近2千年以内で確認されている事例が1回のみであることも考慮して、本シナリオでは具体的な検討は行わないこととし、これよりもはるかに発生頻度が高い爆発的噴火をメインに考えることとした。

このような区分は、過去の噴火を整理できるだけでなく、それぞれの規模に応じた適切な防災対応を検討する上でも有効であると考えられる。次章以降、それぞれの区分の噴火によって想定される現象、噴火による影響範囲、噴火推移等を含む噴火シナリオを示す。

噴火の区分		小～中規模噴火		大規模噴火
		小噴火	中噴火	
区分の基となった現象		直径 50cm 以上の噴石		火砕流、溶岩流、噴石等
主な影響のおよぶ範囲		火口中心から約 2km 以下	火口中心から約 4km 以下(約 2km の範囲をこえる) ※稀に約 4km をこえることもある	火口中心から約 4km を超えて影響
主な影響のおよぶ範囲地域		山頂周辺	山腹 ※稀に山麓の一部に影響する	山麓全域
主な噴火事例		1920/12/14、1955/6/11、1982/4/26 2009/2/2	1935/4/20、1937/4/16、1938/6/7、1950/9/23、1958/11/10、 1973/2/1、1983/4/8、2004/9/1	1108 年(天仁噴火) 1783 年(天明噴火)
噴石	直径 50cm 以上	<ul style="list-style-type: none"> 西側9合目に約1m(1920/12/14) 約 1km に直径4m(1955/6/11) 火口東側約1km に 0.2～1m の噴石(1982/4/26) 	<ul style="list-style-type: none"> 約 3km 付近に1m以上(1935/4/20) 約 3.5km に直径1m(1937/4/16) 東方向約 4.5km 地点まで 50cm 以上の噴石(1938/6/7) 東側7合目に直径1m(1950/9/23) 火口近辺に直径 6m、約3km に直径1mの火山弾(1958/11/10) 約 3.65km に火山弾(1958/11/10) 約2km に長径 1.6m(1973/2/1) 湯の平に最大 1.5m(1983/4/8) 約 2.7km に 50cm 以上(2004/9/1) 	<ul style="list-style-type: none"> 2.5km 以内に最大 80cm の粗大軽石(1783) 前掛山に噴石(1783/8/3)
	直径 50cm 未満	<ul style="list-style-type: none"> 峰の茶屋で直径 15cm 強の噴石(1920/12/14) 	<ul style="list-style-type: none"> 追分に拳大の溶岩落下(1935/4/20) 分去茶屋にこぶし大(1937/4/16) 小浅間一帯に直径 20cm(1938/6/7) 約 9km に直径 6cm(1950/9/23) 約6～7km に拳大(1973/2/1) 約 3.5km に 20cm(2004/9/1) 	<ul style="list-style-type: none"> 約 6.7km に最大 13cm の石質岩片(1108) 約 6.7km に 20cm 以上の粗大軽石(1783) 牙山に噴石(1783/8/3)
火山灰		<ul style="list-style-type: none"> 前橋・高崎に 2.7g/m²(1920/12/22) 南西外輪山一帯に 20～30cm 厚さで堆積(1955/6/11) 首都圏に微量の降灰(2009/2/2) 	<ul style="list-style-type: none"> 高崎で 2000g/m²、館林に降灰(1938/6/7) 前橋で 88g/m²、東京でも降灰(1950/9/23) 渋川に降石、栃木に降灰(1958/11/10) 火口から約5km で降灰・軽石(1973/2/1) 峰の茶屋で 2720g/m²(1983/4/8) 北東約 6km で厚さ2～3mm 堆積(2004/9/1) 	<ul style="list-style-type: none"> 北東 400km 以遠(大槌)に火山灰(1783/7 下旬) 東南東約 220km 以遠(銚子)に火山灰(1783/8/4)
火砕流		<ul style="list-style-type: none"> 北側山腹約 1km まで(1982/4/26) 	<ul style="list-style-type: none"> 約3km(前掛山の範囲内)に堆積(1958/11/10) 北側山腹約 1.5km まで(1973/2/1) 火口北側斜面に火砕流(1983/4/8) 	<ul style="list-style-type: none"> 約6km(吾妻火砕流) ～約 10km(追分火砕流)
融雪型火山泥流		なし	<ul style="list-style-type: none"> 約 2km 付近まで泥流流下(1973/2/1) 	なし
溶岩流		なし	なし	約 3.5km(舞台溶岩流)～約 6km(鬼押出溶岩流)
土石流・泥流		なし	なし	約 100km(天明泥流)
山体崩壊		なし	なし	約 15km(鎌原岩屑なだれ)
空振		なし	<ul style="list-style-type: none"> 約 18km 以内で窓ガラスに被害(1950/9/23) 火口から約 3.8km の浅間園で窓ガラス破損(2004/9/1) 	不明
火山ガス		<ul style="list-style-type: none"> 山頂から1日当たり 5000 トンを超える二酸化硫黄を放出(2009/1/15(観測日)) 		不明

表－2.2.2 浅間山の噴火区分と影響範囲、噴火事例の整理(天仁噴火以降)

3. 小～中規模噴火の推移とその想定

3.1 過去の小～中規模噴火の特徴の整理

(1) 火山活動の時間的な推移

明治以降の爆発的な噴火に至る過程では、体に感じられない小さな地震や火映などの前兆現象が捉えられた事例が幾つかあった。また、昭和前半には、連続的に噴火が継続し灰噴火が卓越した時期もあった。この時期には噴火の前駆現象を捉えるに十分な観測網は整備されておらず、その前兆については未解明の部分が多い。ここで整理する小～中規模噴火は観測体制が整った後に発生した爆発的噴火についての観測事例を元に整理したもので、単発的な小～中規模噴火についてのシナリオであることに留意する必要がある。

1958年の噴火では、7月下旬から地震増加がみられ、10月に入りごく小規模な噴火が始まった。その後、ごく小規模な噴火が繰り返され、10月20日には小規模な爆発的噴火が発生した。その20日後の11月10日に中規模な爆発的噴火が発生した。

1973年の噴火では、前年の11月末に弱い火映現象が確認され、12月下旬には白色噴煙が増加した。2月1日に入り、噴火の約16時間前に明瞭な火映を確認、約9時間前から高感度地震計による地震回数の急増が観測され、19時20分頃に中規模な爆発的噴火が発生した。

2004年の噴火では、9月1日の中規模な爆発的噴火が発生する約30時間前から、高感度地震計による地震回数の急増と山体浅部の膨脹を示す傾斜変動が観測された。その後繰り返された中規模な爆発的噴火の直前にも、同様な現象が観測されたことから、同規模程度の爆発的な噴火であれば、前兆現象を事前に把握できる可能性があると考えられる。

観測体制が整った後に発生した爆発的噴火について、噴火に至った過程は以下のように整理できる。

- ①地震や火映などの前兆現象から始まり、小規模な爆発的噴火が発生した後に中規模の爆発的噴火に至る場合（1958年噴火の事例）
- ②前兆現象から数時間～数十時間後に中規模の爆発的噴火が発生する場合（1973年、2004年噴火の事例）

ただし、直前に地震回数の増加や傾斜変動などといった既知の前兆現象が観測されないまま、突如として爆発的噴火が発生する場合（1982年4月26日、2019年8月7日）もあり、注意が必要である。

(2) 噴火規模と形態及び噴火に伴う現象

小～中規模噴火と位置付ける爆発的な噴火では、噴出物量の規模は $10^6\text{km}^3\sim 10^4\text{km}^3$ 程度と見積もられ、噴石（火山岩塊、火山礫）、降灰、空振、火山ガス、小規模な火砕流とそれによる融雪型火山泥流（積雪期のみ）、降雨による土石流などを伴う。

なお、1532年及び1648年の噴火では山麓に融雪型火山泥流が発生したとの記録が残っているが、これらの噴火の規模については不明である。

また、明治以降の噴火には水蒸気噴火が含まれている。

(3) 噴出物の到達範囲

過去に発生した小～中規模噴火に伴う噴出物のうち、詳細な調査が行われている噴石、降下火砕物（降灰）、火砕流及び融雪型火山泥流について、それらの到達範囲を以下とおり整理した。

① 噴石の到達範囲

- ・直径 50cm 以上の噴石は上空の風の影響を受けず全方向に飛散している（図－3.1.1）。
- ・爆発的な噴火による直径 50cm 以上の噴石の最大到達距離は、火口中心から約 4.5km である（1938 年噴火、図－3.1.2）。
- ・直径 20～30cm の噴石の飛散範囲は、若干上空の風の影響を受けるものの、50cm 以上の噴石とほぼ同じである（図－3.1.3）。

② 降下火砕物（降灰）の範囲

※降灰は風の状況によって到達範囲が大きく変わりうるため、過去の噴火による顕著な降灰実績についてのみ記述する。

- ・爆発的な噴火に伴う降灰は、風の影響を受けて主に風下側に流下する（図－3.1.4～6）。
- ・火口周辺の風下側では降下した火山灰が厚く堆積することがある。1983 年の噴火では、火口から東に約 4km 離れた場所で 2710g/m^2 （平均密度 1500kg/m^3 と仮定して換算すると層厚約 1.8mm）の降灰実績がある（図－3.1.4）。
- ・風に流されて時に遠方まで到達することがある。東京都内でも降灰実績がある（1930 年、1950 年、1959 年、1982 年、2009 年噴火など）。また、2004 年の噴火では、250km 以上離れた福島県相馬市でも降灰を確認している。

③ 火砕流の到達範囲

- ・爆発的な噴火に伴い発生した火砕流の最大到達距離は火口中心から約 2.5km である（1958 年噴火実績）（図－3.1.7）。

④ 融雪型火山泥流の到達範囲

- ・爆発的な噴火による融雪型火山泥流の最大到達距離は、火口中心から約 4km 以内である（1973 年、1982 年噴火の実績）（図－3.1.7）。

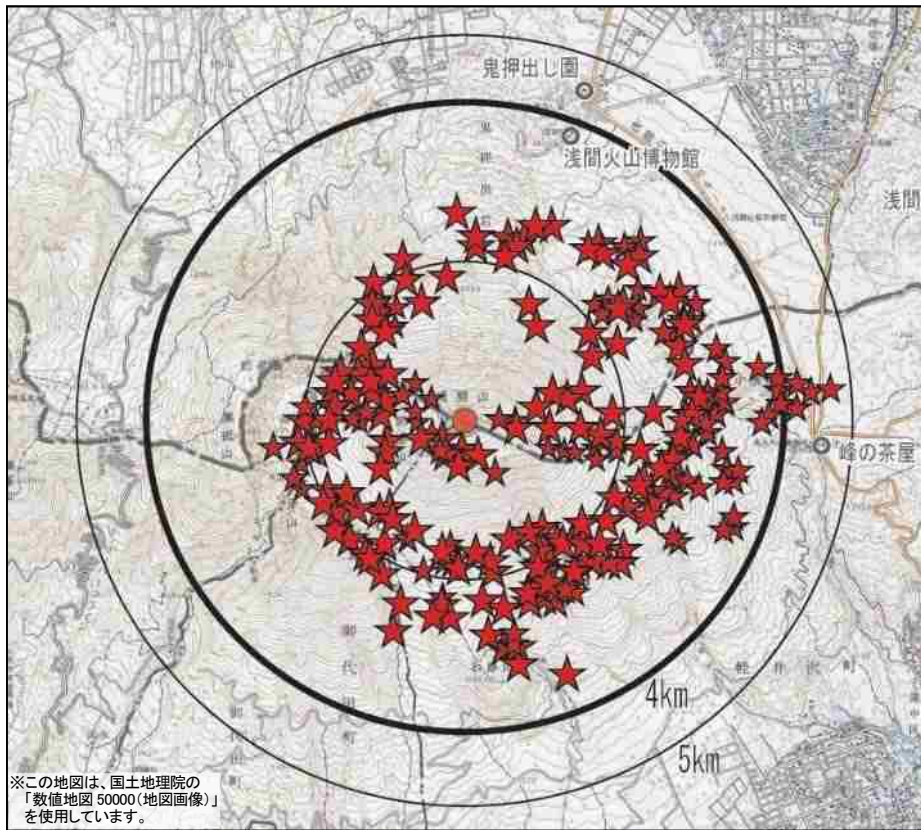


図-3.1.1 1920年～2004年の間に発生した噴火による直径50cm以上の噴石分布

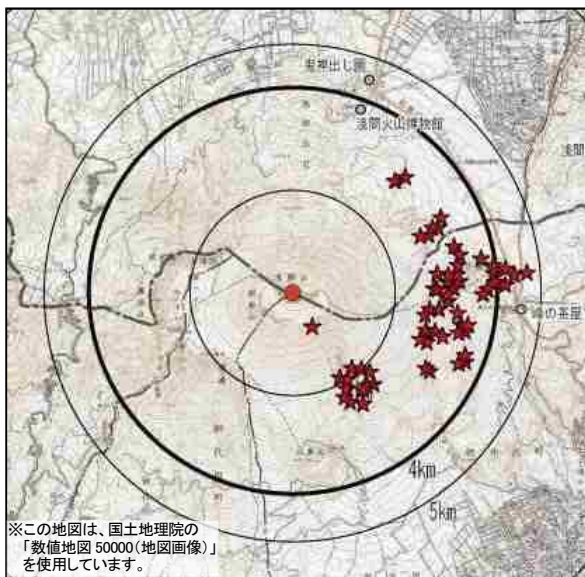


図-3.1.2 直径50cm以上の噴石分布
(1938年6月7日の噴火)

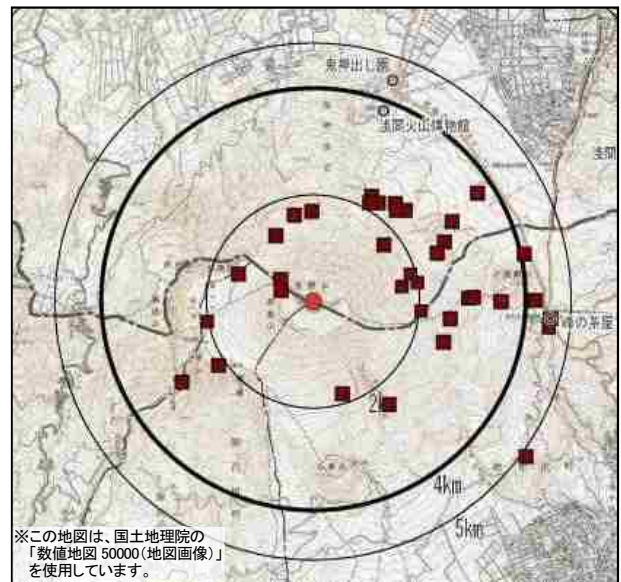


図-3.1.3 直径20～30cmの噴石分布
(1920年～2004年)

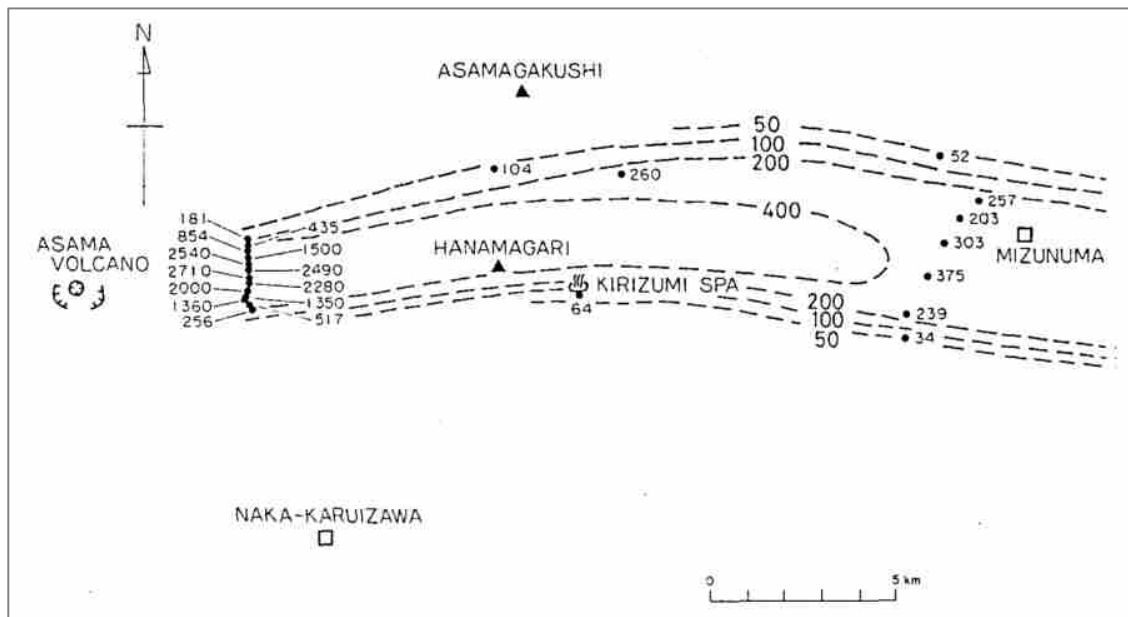
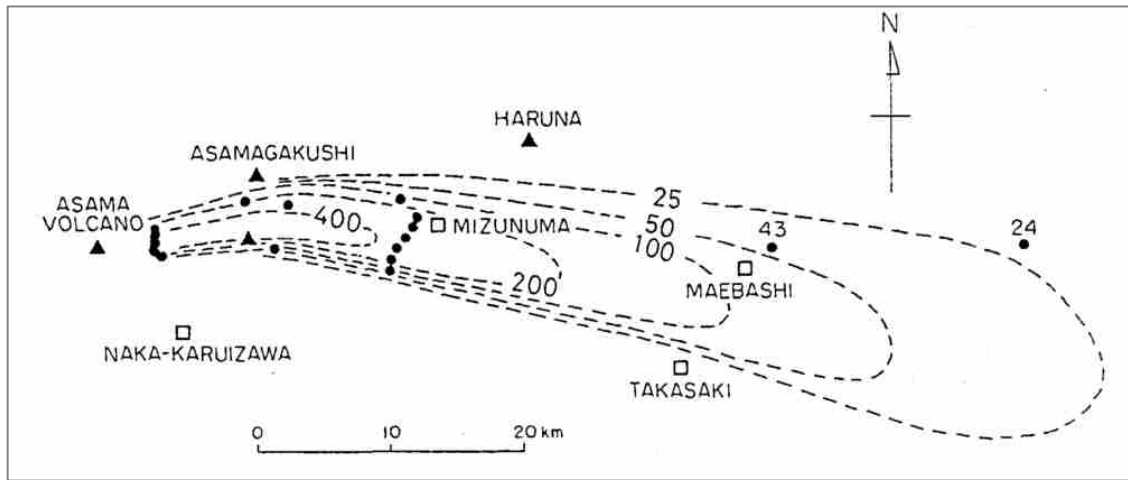


図-3.1.4 1983年4月8日の噴火の降灰量分布図 [g/m²]
 荒牧ほか(1983)²⁴より

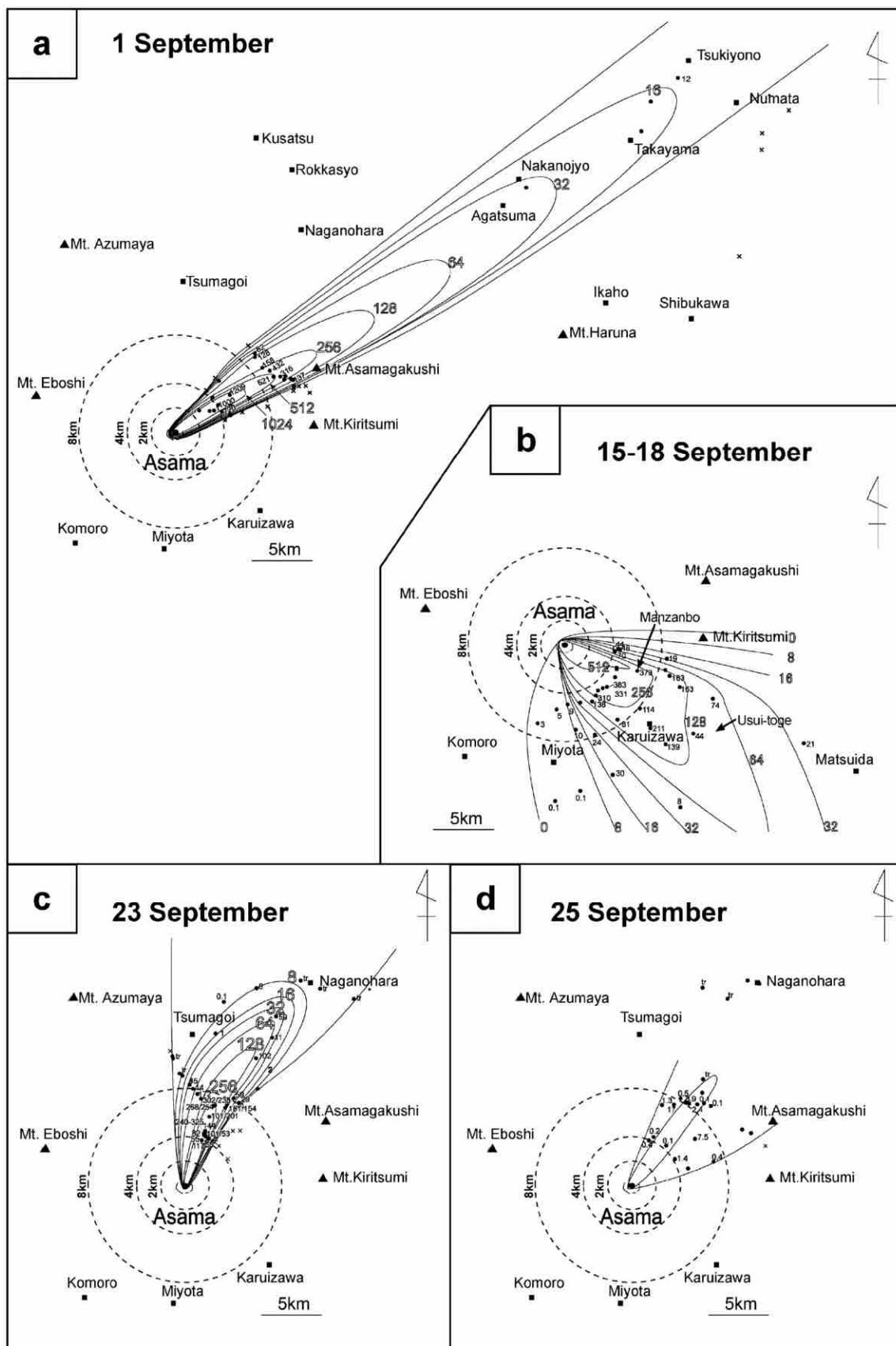


図-3.1.5 2004年9月1日、15-18日、23日、25日の噴火の噴出量分布[g/m²]
吉本ほか(2005)²⁰⁾より

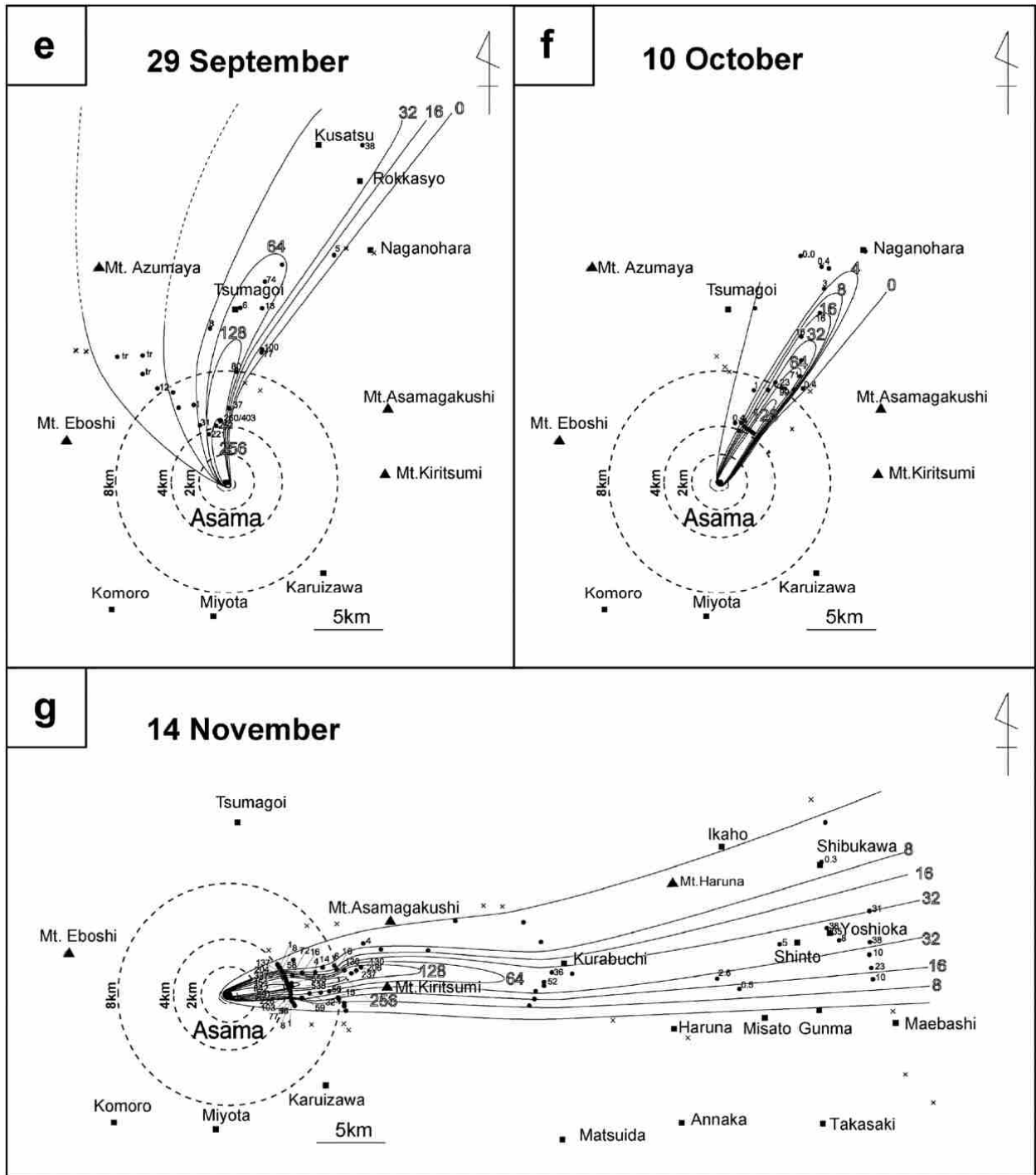


図-3.1.6 2004年9月29日、10月10日、11月14日の噴火の噴出量分布[g/m^2]
吉本ほか (2005)²⁰より

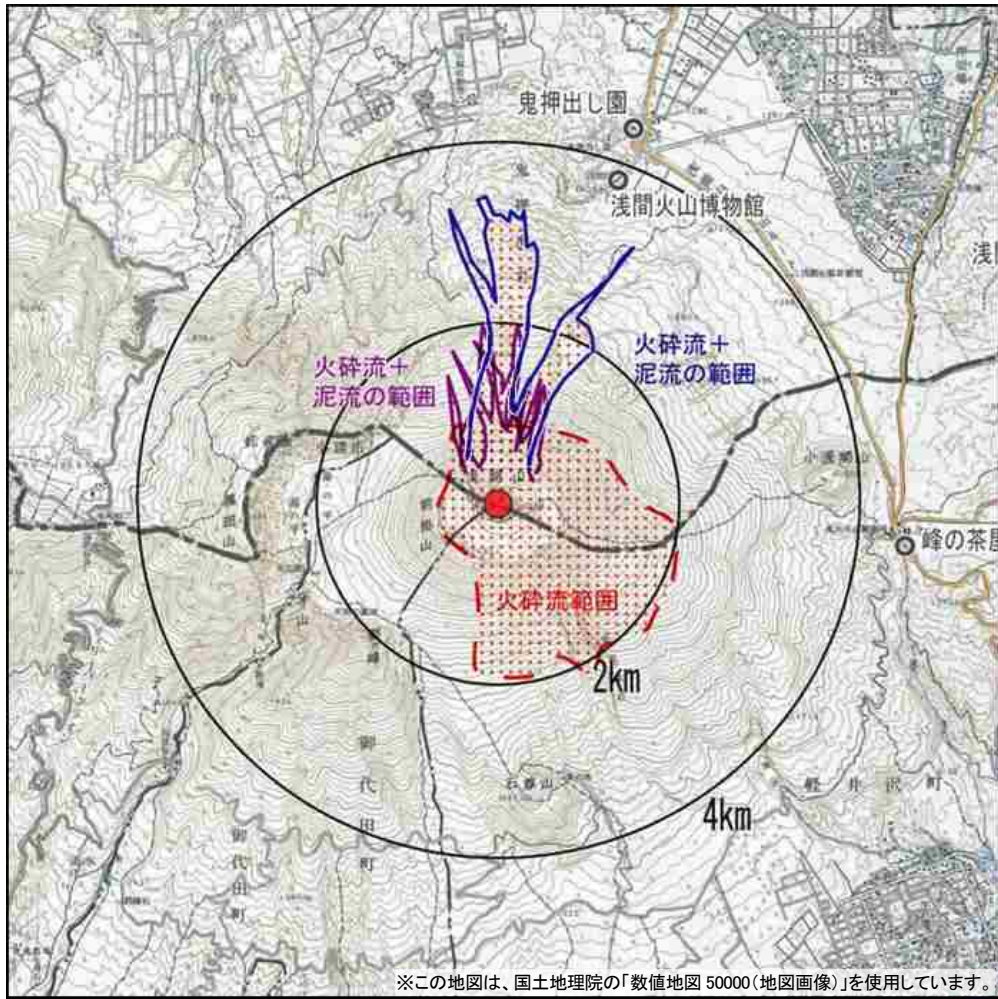


図-3.1.7 1958年噴火の火砕流（赤色破線）、1973年噴火の火砕流・泥流（紫色実線）、1982年噴火の火砕流・泥流（青色実線）の到達範囲

3.2 小～中規模噴火の影響範囲の想定

(1) 噴火規模の分類（小噴火／中噴火）

小～中規模噴火の影響範囲を想定するにあたって、小～中規模噴火をその噴火規模に応じてさらに分類することとする。

本来、噴火の規模は噴出物量によって区分されるものであるが、小～中規模噴火はほとんど地層にその痕跡を残さないため、最近の噴火以外は噴出物量による規模の判別が困難である。他方、この噴火シナリオは、浅間山の来るべき噴火でどのような事態が発生するのかのイメージを掴むと同時に、住民避難や道路規制等の防災対策に役立てることを目的としており、噴火発生時に住民、登山者、観光客等の人命に重大な影響を及ぼすかどうか特に重要となる。

以上のことを考慮して、ここでは人命に重大な影響を及ぼす直径 50cm 以上の噴石と火砕流の到達範囲に着目して、小～中規模噴火を大きく 2 段階に区分し、それぞれ「小噴火」「中噴火」という用語を用いることとする。具体的には、噴石及び火砕流が火口から概ね 2 km を超えて概ね 4 km 以内の範囲に到達するものを中噴火、概ね 2 km 以内の範囲にとどまるものを小噴火と区分する。

なお、小噴火の中でも、火口から 500m 程度の範囲に影響を及ぼす程度の噴火ならびに噴出現象を指して「ごく小規模な噴火」という用語を用いることがあり、本シナリオ内でも適宜用いることとする。

(2) 噴火に伴う現象及び影響範囲の想定

小噴火及び中噴火のそれぞれ代表的な噴火事例を以下の観点から抽出し、これらの事例を噴火シナリオの検討対象とする噴火ケースとして想定した。

- ・噴石、火砕流の到達範囲が詳細に調査されている。
- ・詳細な記録が残っており、火山活動の推移が時系列で判明している。
- ・同じ噴火区分でも、前兆現象や噴火の推移が違っている事例がある場合は、複数の事例を代表とする。

小噴火のケース	: 1982 年噴火事例、2009 年噴火事例
中噴火のケース	: 1973 年噴火事例、2004 年噴火事例

その上で、噴火場所、噴火規模、噴火に伴う現象を以下のように想定した。

- ①噴火場所：有史以降、現在の山頂火口以外から噴火した事例がないことから、現在の山頂火口からの噴火を想定した。
- ②噴火に伴う現象：過去の実績にもとづき、噴火現象として、噴石・降灰・火砕流・空振・火山ガスおよび融雪型火山泥流と降雨による土石流・泥流を想定した。特に、噴石の飛散及び火砕流を主たる現象として影響範囲を想定した。
- ③影響範囲：3.2(1)に記載したとおり、噴石及び火砕流が概ね 2 km を超えて概ね 4 km 以内の範囲に到達するものを中噴火、概ね 2 km 以内の範囲にとどまるものを小噴火と定義している。
なお、中噴火では影響範囲が稀に 4 km を超えることがある。

また、小さな噴石、降灰、空振、融雪型火山泥流、降雨による土石流・泥流は、この範囲を超えて影響することがある。特に、多くの場合、降灰は噴石や火砕流の影響範囲よりもかなり広範囲まで影響が及ぶ。

以上、噴火の想定のおまとめを表-3.2.1 に示す。また、小～中規模噴火による各現象の想定影響範囲を示したハザードマップを、浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾から抜粋して図-3.2.1、図-3.2.2 に示す。

表-3.2.1 噴火シナリオ作成のための噴火の想定のおまとめ

噴火場所	噴火様式	噴火区分	噴火に伴う現象*	影響範囲
現在の山頂火口	爆発的な噴火	小噴火	噴石(火山岩塊、火山礫)、降灰、空振、火山ガス、火砕流、融雪型火山泥流、降雨による土石流・泥流	・火口から概ね2 km 以内の範囲(噴石・火砕流の到達範囲)
		中噴火		・火口から概ね4 km 以内の範囲で、稀に4 km をこえることもある(噴石・火砕流の到達範囲) ※ 融雪型火山泥流は4km を超える領域にも影響

※ 降雨による土石流・泥流のように、噴火終了後に二次的に発生する現象も含む。

※ 噴石の影響範囲は直径50cm以上の噴石(火山岩塊)の飛散範囲を考慮したものであるが、過去の噴火実績から、直径20～30cmの噴石の飛散範囲もほぼ同程度と推定される。

※ 上空の風の影響を受ける小さな噴石については、風下側での防災対応を考える必要がある。

※ 降灰については、噴煙の拡がり方が上空の風に大きく左右されることから、風の影響を考慮した防災対策を考える必要がある(図-3.1.4～図-3.1.6)。

※ 融雪型火山泥流については、泥流が流下し溢れる可能性の高い低地や沢筋周辺での防災対応を考える必要がある。

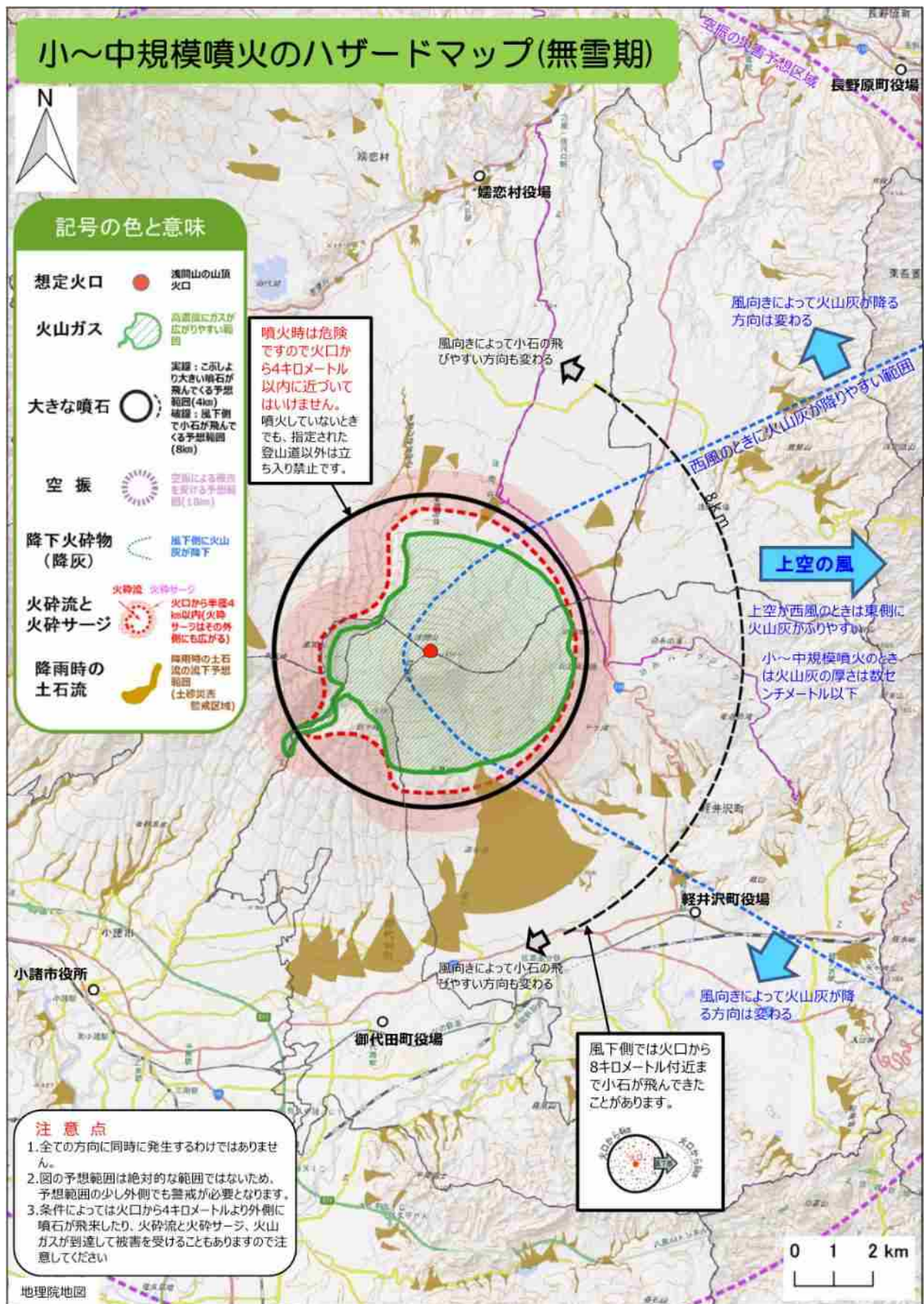


図-3.2.1 小～中規模噴火に伴う各現象の想定影響範囲（無雪期）
（浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾

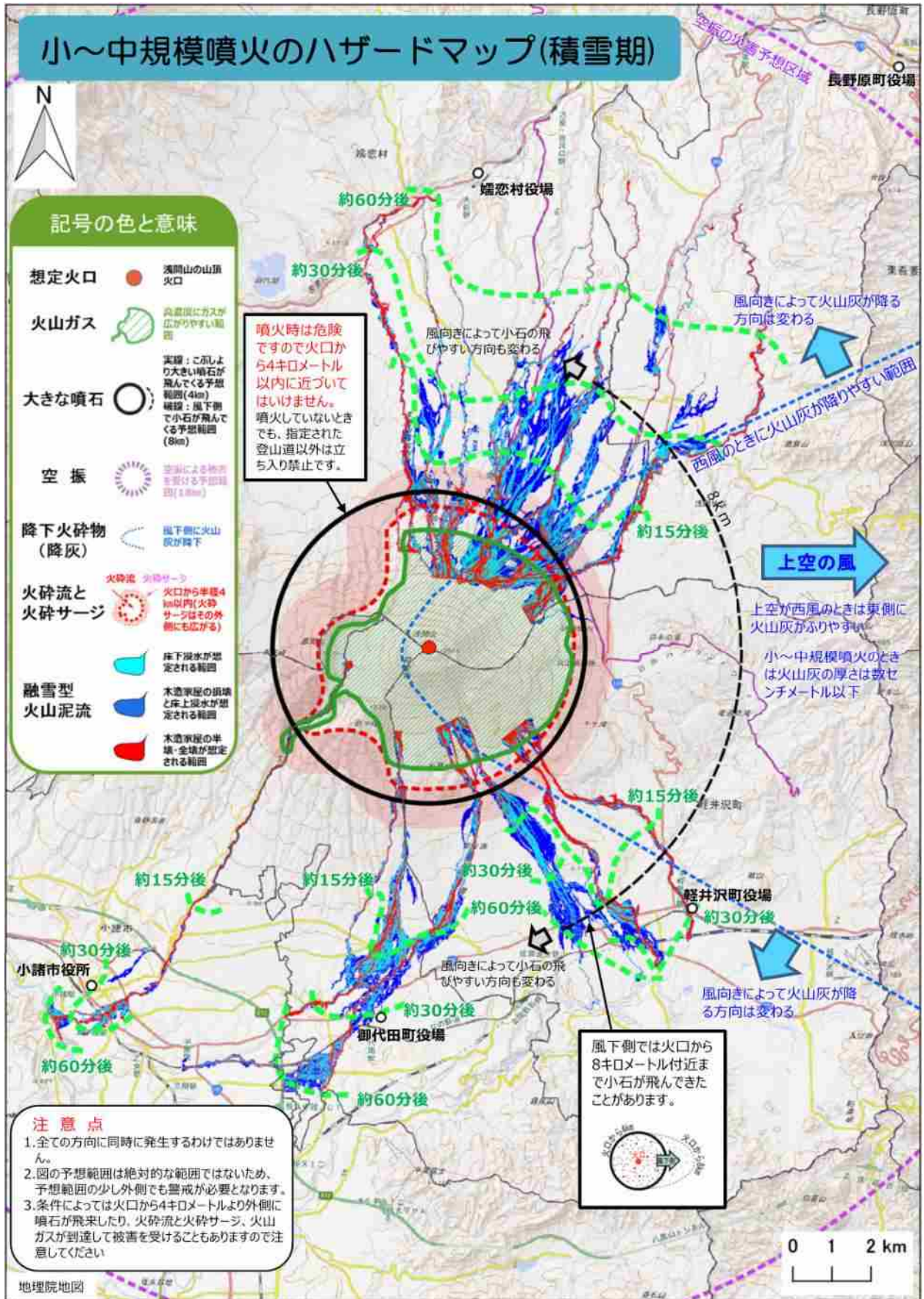


図-3.2.2 小～中規模噴火に伴う各現象の想定影響範囲 (積雪期)
(浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾)

3.3 火山活動推移の時系列での整理

噴火の想定に基づいて、火山活動の推移を時系列で整理した推移表に取りまとめた。

なお、推移表は、各噴火ケースの代表的な事例に基づき作成したものであるが、単純に事実として判明している事項を時系列で並べるのではなく、

- ・その事実がどのような火山現象あるいはマグマ活動に基づくものか
- ・そのような現象が、現在の観測網ではどのようなデータとして観測されるか

といった火山学的な解釈や推定を記述した。

さらに、火山活動の推移をより分かりやすく表現するために、フロー図としても取りまとめた。

各噴火ケースにおける活動推移をケース毎に推移表（表-3.3.1~3.3.2）及びフロー図（図-3.3.1~3.3.2）で示す。

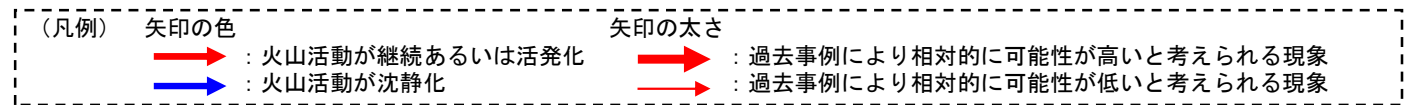
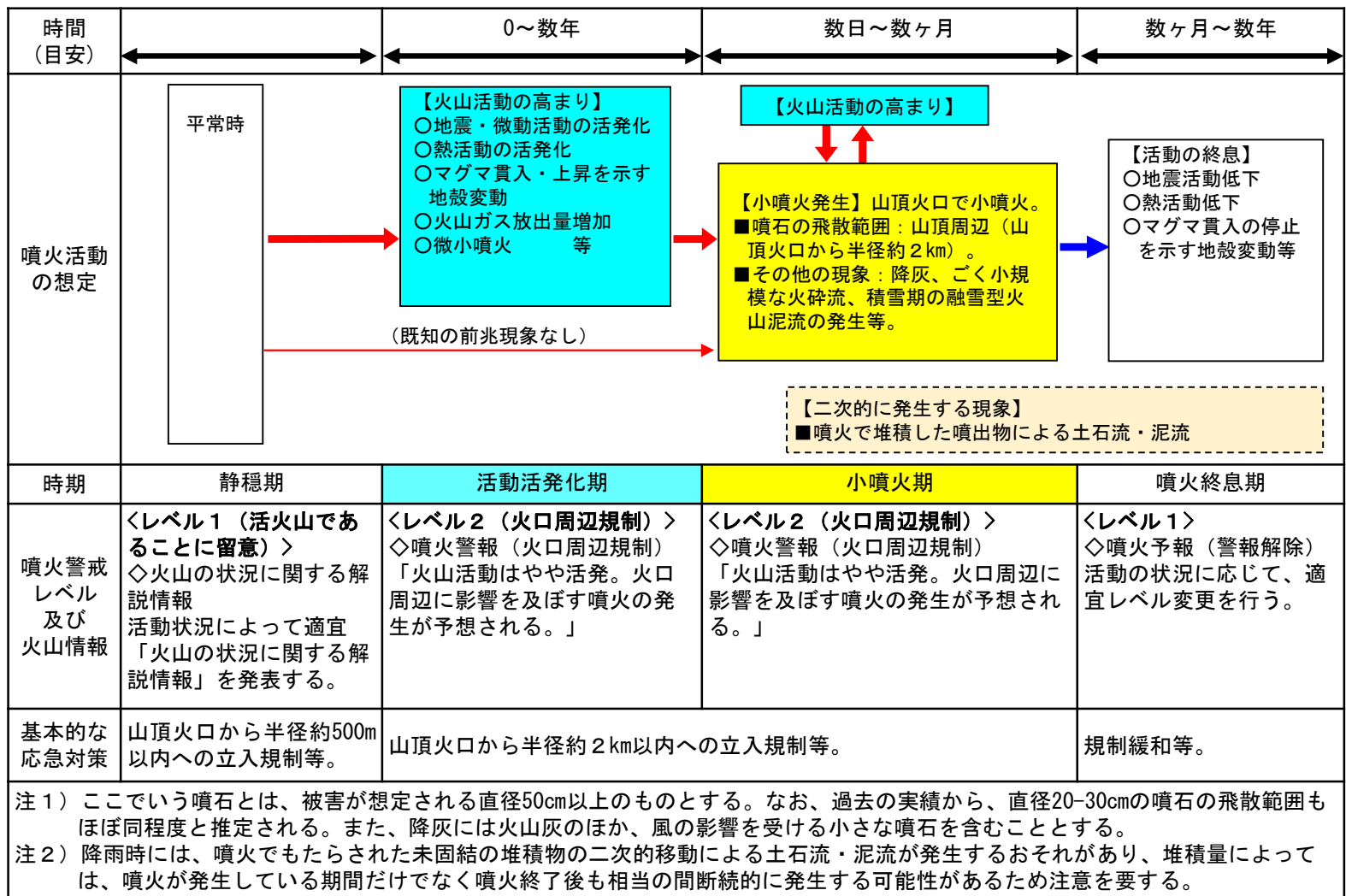
表 3.3.1 小噴火ケースにおける火山活動の推移表（1982 年、2009 年の噴火事例に基づき作成）

時間（目安）	想定される火山現象	火山監視体制下で捉えられる観測データ	噴火警戒レベル
活動前	■ マグマの動き無し	○ 火山性地震・微動、噴煙少ない	レベル 1（活火山であることに留意） 山頂火口から約 500m 以内に噴石が飛散する可能性あり
数ヶ月～数年	■ 山体深部へのマグマ貫入	○ マグマ貫入を示す地殻変動 ○ 山体内で地震発生	
数ヶ月～数年	■ マグマからの脱ガス促進	○ 火山体浅部での火山性地震・火山性微動の発生 ○ 火口底温度上昇、微弱な火映 ○ 噴煙量増加、火山ガス放出量増加	レベル 2（火口周辺規制） 山頂火口から約 2 km 以内に噴石が飛散する可能性あり ^{※1)}
	■ 山頂火口からごく小規模な噴火発生 ・ 火口から約 500m 以内に噴石飛散、風下側では山腹に小さな噴石落下や降灰	○ 高さ千 m 以下の火山灰混じりの噴煙 ○ 山頂部に降灰	
数分～数日	■ 山頂火口から小噴火発生 ・ 火口から約 2 km 以内に噴石飛散、風下側では山麓に小さな噴石落下や降灰 ・ ごく小規模火砕流が発生（積雪期にはごく小規模な融雪型火山泥流が発生）	○ マグマ上昇を示す傾斜変動 ○ 火山体浅部での火山性地震・火山性微動の増加 ○ [噴火直前に火口近傍での傾斜変動 ^{※3)}] ○ 高さ千～3 千 m 程度に達する噴煙 ○ 規模の大きな低周波地震、空振、噴火微動	[レベル 3（入山規制） ^{※3)}]
数ヶ月～数年	■ 山体浅部での活動の高まりが継続、小噴火が時々発生	○ 地震活動、噴煙活動の継続	
数ヶ月	■ 火山体浅部の活動が次第に低下 ■ 山体深部へのマグマ貫入停止	○ 地震活動の低下 ○ 火口底温度低下 ○ 噴煙量、火山ガス放出量の減少 ○ マグマ貫入を示す地殻変動の停止	レベル 1（活火山であることに留意） 山頂火口から約 500m 以内に噴石が飛散する可能性あり
活動時～終了後数年	■ 降雨型の土石流、泥流が発生 ^{※2)}		

※1) 悪天等で噴火規模が即時的に判断できない場合、レベル 3 とし状況を見ながらレベル下げの判断をする。

※2) 降雨時には、噴火でもたらされた未固結の堆積物の二次的移動による土石流・泥流が発生するおそれがあり、堆積量によっては、噴火が発生している期間だけでなく噴火終了後も相当の間断的に発生する可能性がある。

※3) 2009 年の事例では、2008 年夏以降火山性地震や火山ガス放出量の増加がみられる中で、噴火直前に火口近傍での傾斜変動が観測され、中噴火の可能性を想定してレベル 2 からレベル 3 に引き上げたが、結果的には小噴火にとどまった。現状において噴火規模の正確な予測は難しく、今後もこうした事例が生じる可能性がある。



(これはひとつの想定であり、必ずしも起こりうる全ての現象やその推移を網羅したものではない。)

図-3.3.1 小噴火のケース

表-3.3.2(1) 中噴火ケースにおける火山活動の推移表 (1973年、2004年噴火事例に基づき作成：1/2)

時間(目安)	想定される火山現象	火山監視体制下で捉えられる観測データ	噴火警戒レベル
活動前	■ マグマの動き無し	○ 火山性地震・微動、噴煙少ない	レベル1 (活火山であることに留意)
数ヶ月～数年	■ 山体深部へのマグマ貫入	○ マグマ貫入を示す地殻変動 ○ 山体内で地震発生	山頂火口から約500m以内に噴石が飛散する可能性あり
数ヶ月～数年	■ マグマからの脱ガス促進	○ 火山体浅部での火山性地震・火山性微動の発生 ○ 火口底温度上昇、微弱な火映 ○ 噴煙量増加、火山ガス放出量増加	レベル2 (火口周辺規制) 山頂火口から約2km以内に噴石が飛散する可能性あり ^{※1)} → 状況を見ながらレベル下げの判断
	■ 山頂火口からごく小規模な噴火発生 ・ 火口から約500m以内に噴石飛散、風下側では山腹に小さな噴石落下や降灰	○ 高さ千m以下の火山灰混じりの噴煙 ○ 山頂部に降灰	
数時間～数日	■ 火山体浅部での活動の高まり ■ 火道内部をマグマが上昇	○ マグマ上昇を示す傾斜変動 ○ 火山体浅部での火山性地震・火山性微動の増加や群発地震活動	レベル3 (入山規制) 山頂火口から約4km以内に噴石が飛散する可能性あり(状況により4km超の範囲に影響) ^{※2)} 【一部道路の通行規制】
数分	■ 山頂火口から中噴火発生 ・ 爆発的噴火 ・ 火口から約4km以内に噴石飛散、稀に約4kmをこえることがある ・ 風下側では山麓に小さな噴石や降灰、火山灰は風に流され、広域で降灰 ・ 小規模火砕流が山腹まで流下(積雪期には小規模な融雪型火山泥流が山腹まで流下)	○ 火道内部の急激な膨張を示す傾斜変動 ○ 高さ数千mに達する噴煙 ○ 大きな爆発地震とそれに続く噴火微動 ○ 爆発に伴う空振、爆発音、火山雷	レベル3 (入山規制) 山頂火口から約4km以内に噴石が飛散する可能性あり(状況により4km超の範囲に影響) ^{※2)} 【一部道路の通行規制】

表 3.3.2(2) 中噴火ケースにおける火山活動の推移表 (1973年、2004年噴火事例に基づき作成：2/2)

時間(目安)	想定される火山現象	火山監視体制下で捉えられる観測データ	噴火警戒レベル
数時間～数日	■中噴火終了	○火道内部やマグマ貫入域の収縮を示す傾斜変動 ○火山性地震・火山性微動の減少	レベル3(入山規制) 山頂火口から約4km以内に噴石が飛散する可能性あり 【状況を見ながら通行規制解除】
	■火道内をマグマが上昇、脱ガスの促進、ごく小規模な噴火が時々発生	○火口底赤熱現象、温度上昇、火映 ○火山ガス放出量の増加 ○高さ千m以下の火山灰混じりの噴煙	
1日～数日	■山頂火口からのごく小規模な噴火が連続 ・ごく小規模な噴火(溶岩噴泉を伴う)が連続的に発生 ・火口底にマグマ出現 ・山頂部周辺に赤熱した噴石(スパター)を飛散 ・風下側では山腹から山麓にかけて小さな噴石や降灰、遠方でも弱い降灰	○噴火に伴う高さ千～3千m程度に達する噴煙 ○連続的な噴火微動、鳴動 ○噴火に伴う小振幅の空振、弱い爆発音 ○多量の火山ガス放出継続	レベル3(入山規制) 山頂火口から約4km以内に噴石が飛散する可能性あり
数ヶ月	■山頂火口から小～中噴火の繰り返し ・火道内へのマグマ上昇 ・小～中噴火の発生 ・深部へのマグマ貫入が継続	○マグマ上昇を示す傾斜変動と火山体浅部での火山性地震・火山性微動の増加(ただし、噴火が発生しない場合もある) ○高さ数千mに達する噴煙 ○大きな爆発地震とそれに続く噴火微動 ○爆発に伴う空振、爆発音、火山雷 ○火道内部やマグマ貫入域の収縮を示す傾斜変動 ○火山性地震・火山性微動の減少 ○マグマ貫入を示す地殻変動は継続	レベル3(入山規制) 山頂火口から約4km以内に噴石が飛散する可能性あり(状況により4km超の範囲に影響) ^{※2)} 【一部道路の通行規制と、状況を見ながら通行規制解除】
数ヶ月～1年	■火道内へのマグマ上昇の停止 ■火山体浅部の活動が次第に低下 ■深部へのマグマ貫入が停止	○火山性地震活動の低下 ○火口底温度の低下 ○噴煙量、火山ガス放出量の減少 ○マグマ貫入を示す地殻変動の停止	レベル2(火口周辺規制) 山頂火口から約2km以内に噴石が飛散する可能性あり
活動時～終了後数年	■降雨型の土石流、泥流が発生 ^{※3)}		レベル1(活火山であることに留意) 山頂火口から約500m以内に噴石が飛散する可能性あり

※1) 悪天等で噴火規模が即時的に判断できない場合、レベル3とし状況を見ながらレベル下げの判断をする。

※2) レベル3の状況において4km超の範囲の防災対応が必要な場合は、中噴火が切迫している旨の噴火警報を発表する。

※3) 降雨時には、噴火でもたらされた未固結の堆積物の二次的移動による土石流・泥流が発生するおそれがあり、堆積量によっては、噴火が発生している期間だけでなく噴火終了後も相当の間断的に発生する可能性がある。

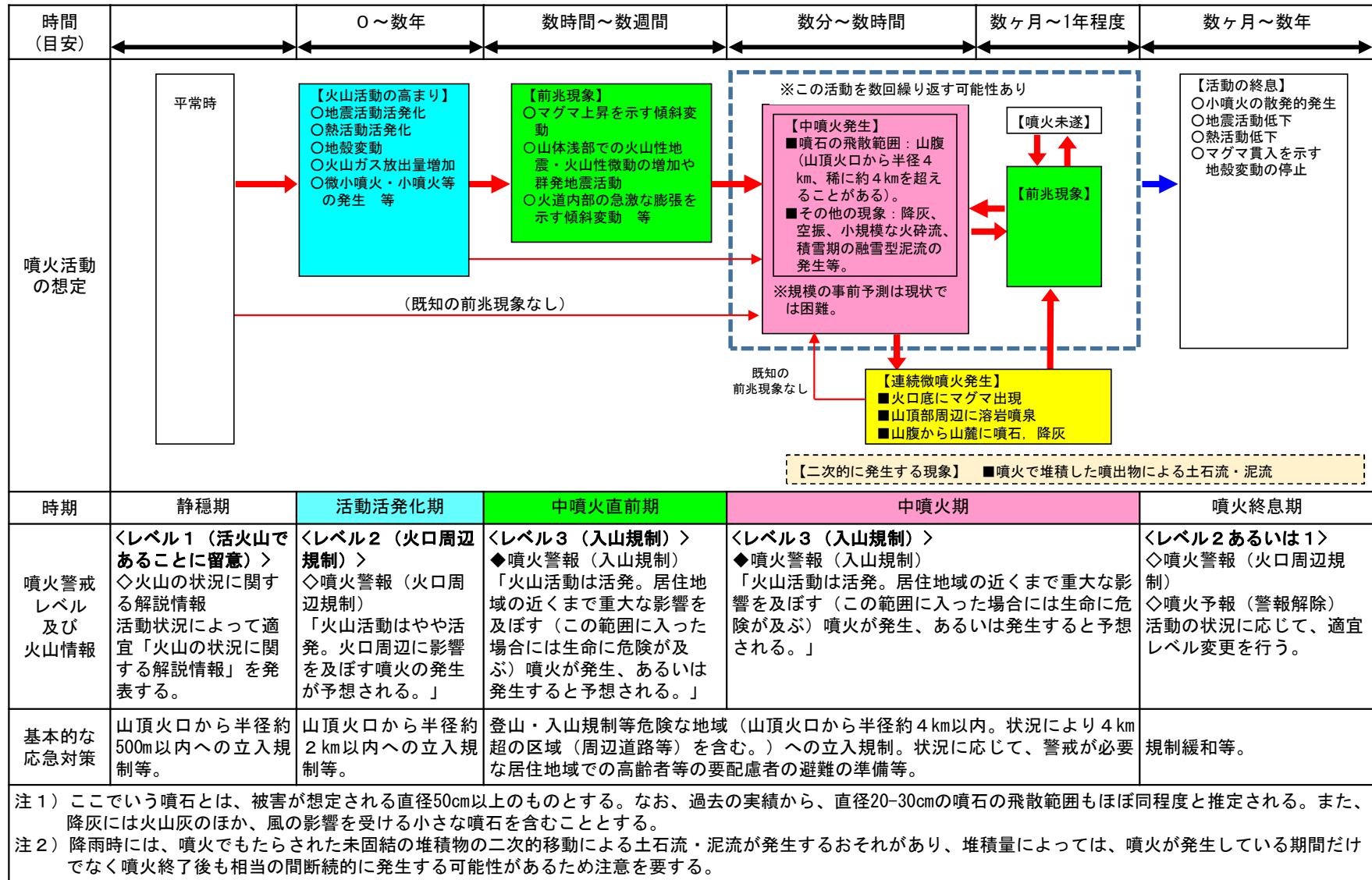


図-3.3.2 中噴火のケース

4. 大規模噴火の推移とその想定

4.1 過去の大規模噴火の特徴の整理

(1) 過去の大規模噴火の時間的な推移

過去の大規模噴火のうち、有史以降に発生した天明噴火、天仁・大治噴火、古墳時代の
大規模噴火（図-2.1.4 参照）について、主に地質学的知見（天明噴火については過去の
記録や文献も含む）からその推移を整理した。

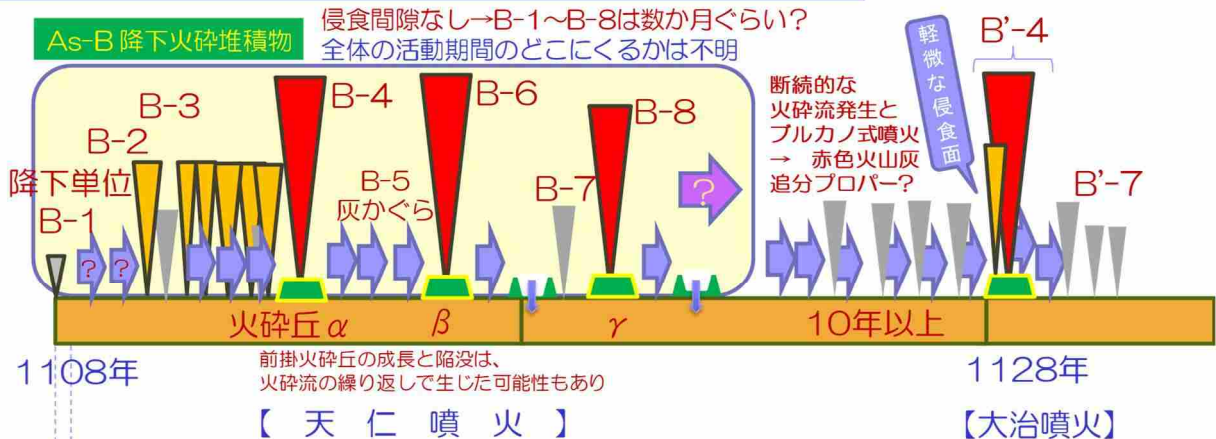
有史以降最大規模の噴火である天仁噴火（1108年～）については、火山活動の時間的な
推移はよくわかっていないものの地質学的に噴火の推移は推定されている。地層に残る程
度の規模の前兆的な噴火が発生した後、火山砂から軽石を噴出する規模の大きな爆発的な
噴火を4回繰り返し、巨大な噴煙柱を形成する噴火に移行した。その後、再び爆発的な噴
火から巨大な噴煙柱を形成する噴火に移行し、その間火砕流や溶岩流が発生していた可能
性がある。その後さらに、火砕流を発生するような規模の大きな爆発的噴火を、約10年に
わたって断続的に繰り返していた可能性がある。

一方、天仁噴火と同様に最大規模の噴火である天明噴火（1783年）については、噴火に
至る過程が詳細な記録や文献から判断することができる。それらによると、1783年5月9
日の最初の噴火から約3ヶ月間は断続的に噴火を繰り返し、7月後半から噴火間隔を次第
に短くしながら8月2日には巨大な噴煙柱を形成する噴火に移行した。8月4日夜から噴
火は最盛期を迎え、粗大軽石を含む大量の軽石が降下するとともに、火砕流や溶岩流が発
生、翌5日には岩屑なだれや泥流が発生した。なお、巨大な噴煙柱を形成する噴火に移行
する直前には、マグマ上昇に伴う顕著な地殻変動を伴うことが予想されるが、当時の詳細
な状況は判っていない。

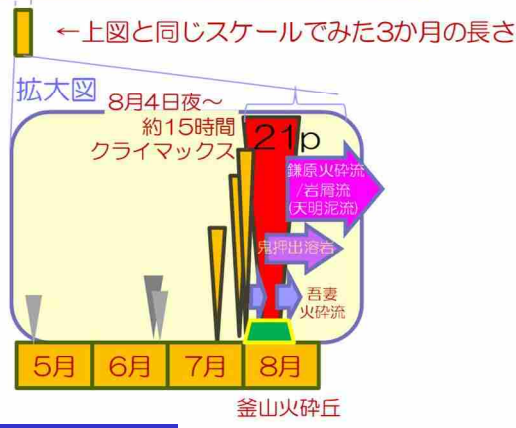
その他、古墳時代の大規模噴火や大治の大規模噴火（1128年）では、地層に残る程度の
前兆的な噴火はなく巨大な噴煙柱を形成する噴火が発生している。

これらのように浅間山の前掛火山の大規模噴火では火山活動の推移や継続期間が毎回
異なっていたと推定される（図-4.1.1）。

天仁・大治噴火 継続期間：1108年からの20年以上？



天明噴火 1783年の約3ヶ月間



古墳時代の噴火

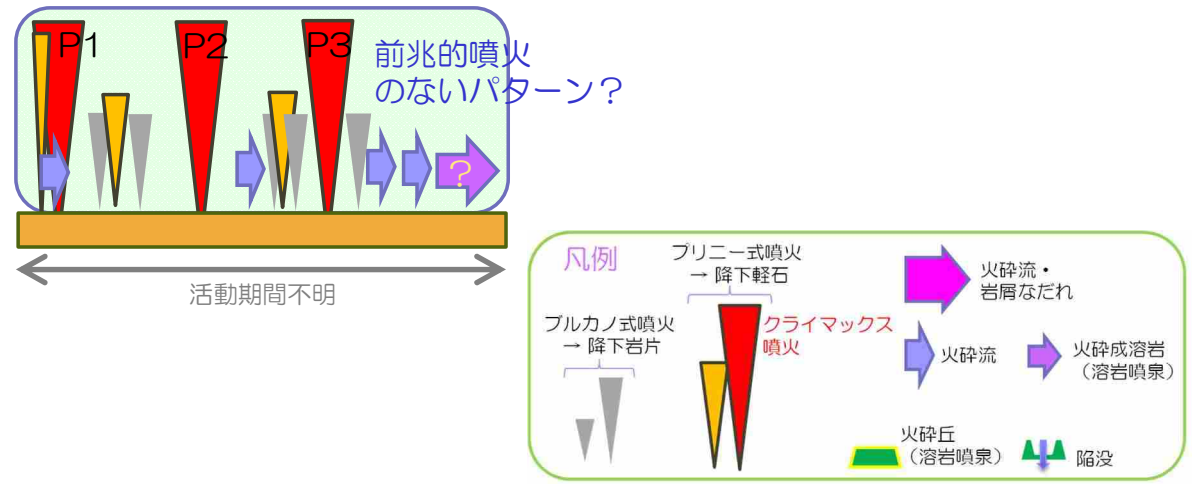


図-4.1.1 大規模噴火推移のイメージ図 (安井・高橋(私信)を基に作成)

(2) 噴火規模と形態及び噴火に伴う現象

浅間前掛火山の第Ⅲ活動期(約 2000 年前～現在)の大規模噴火では、天明噴火(1783 年)の噴出物量は 0.51km^3 、天仁噴火(1108 年～)は 0.9km^3 、古墳時代初期の噴火は 0.63km^3 と見積もられている。さらに、大治噴火(1128 年)の噴出量は 1 桁少ない 0.03km^3 と推定されている。第Ⅱ活動期(約 6500 年前～約 3500 年前)の大規模噴火は 3 回知られており、各々 0.085km^3 ～ 0.26km^3 の噴出物量が推定されている。これらの大規模噴火は、多量の軽石を含む大規模な噴煙柱を形成する噴火を繰り返し、火砕流、溶岩流、噴石(主に粗大軽石や多量の軽石。火山岩塊や火山礫を含む)、降灰、空振、火山ガスや降雨による泥流、土石流などを伴う。天明噴火では大規模な岩屑なだれも発生している。

なお、特に第Ⅰ活動期(約 9500 年前～約 7500 年前)及び第Ⅱ活動期を中心に、こうした大規模噴火と比べて一回り小さい規模の軽石噴火が比較的多く発生していることが確認されている。

また、これらの大規模噴火の間には、小～中規模の爆発的噴火が繰り返し発生している。多くは地層に痕跡を残さない程度の噴火であり、地層からその状況を推定することは困難である。

4.2 大規模噴火の影響範囲(実績及び想定)

浅間山の大規模噴火における噴出物の到達範囲(実績及び想定)については、平成 30 年 3 月に作成・改訂した浅間山火山ハザードマップ(浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾)において、大きな噴石、降下火砕物(降灰)、火砕流、溶岩流の影響範囲が検討されている。本項ではその概要を、背景にある考え方(根拠とした過去の噴火の噴出物分布等)とともに記述する。このほか、軽石の飛散に関する影響範囲について、過去の噴火における噴出物分布を中心に記述する。

① 大きな噴石の到達範囲

- ・過去の大型噴火における大きな噴石の到達範囲を地質学的な調査から完全に推定することは困難である。
- ・大きな噴石(大きさ 50cm 程度以上、密度 2.5g/cm^3)の放出の初速度 250m/s を想定したシミュレーションでは、最大到達距離は 4 km を越えない結果であった。
- ・以上のことから、大きな噴石の影響範囲は 4 km 以内とした(図-4.2.1)。

② 降下火砕物(降灰)の範囲

- ・安井(2015)¹⁶⁾によると、天仁噴火による降下火砕物は、東～東南東を分布軸とし、層厚 128cm の範囲は火口から最大で約 9 km、64cm の範囲は約 13 km、32cm の範囲は約 23 km と推定されている。この分布をよく再現するパラメータを設定して、過去 50 年間の風データを利用して数値シミュレーションを実施し、その結果を基に設定した降下火砕物(降灰)の想定到達範囲を図-4.2.1、図-4.2.2 に示す。

③ 火砕流の到達範囲

- ・荒牧(1993)¹⁴⁾によると、過去の大型噴火に伴う火砕流の到達距離(確認されているもの)は最大で約 10 km。
- ・大規模噴火に伴う火砕流の想定到達範囲を図-4.2.1 に示す。この領域は、天仁噴火

の追分火砕流の総流出量 0.26km^3 (荒牧(1968)¹⁾) が山頂から 4 方向 (東西南北) に均等に流出する噴火を想定した数値シミュレーション結果であり、浅間山の大规模噴火における火砕流影響範囲の目安となるものである。しかし、噴火の規模や火砕流の流出率が增大した場合は影響範囲が拡大することにも留意する必要がある。

④ 溶岩流の到達範囲

- ・浅間山の既往の大规模噴火で確認されている溶岩流 (例えば高橋・安井(2013)¹⁷⁾) を参考に、前掛山山頂から北方向及び北東方向に流下する噴出総量 0.17km^3 の溶岩流を想定して実施した数値シミュレーション結果を、溶岩流の想定到達範囲として図-4.2.1 に示す。

⑤ 軽石の到達範囲

- ・天明噴火のクライマックス噴火^{※11} (8月4日夜～5日朝) では、数十 cm 程度の岩塊 (軽石質岩塊?) が火口から 4 km 以上の遠方まで到達した実績がある (浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾、日野・都司(1993)²⁶⁾)。粗大軽石を含む多量の軽石が山麓にも雨あられのように降り注ぎ、軽井沢宿では焼石に打たれて即死したり、多くの家屋が火災で焼失したと記録されている。また、地質調査でも 20cm 以上の粗大軽石が火口から 6.7km の地点で確認されている (安井、私信)。
- ・天明噴火による地層に残された堆積物の状況を図-4.2.3 に示す。降下火砕物の層は主に軽石や火山灰からなる。なお、層厚は堆積後に侵食作用や圧密作用によって減少した可能性が考えられ、降下時の堆積物の厚さはこれよりもさらに厚かった可能性がある (荒牧ほか(1998)²⁷⁾)。
- ・軽石質の岩塊は、密度が①の大きな噴石のシミュレーションで想定されている $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ よりもかなり小さく、上空の風の影響を受けてより広い範囲に飛散している可能性がある。

⑥ 融雪型火山泥流の到達範囲

- ・過去の大規模噴火による融雪型火山泥流の到達範囲は不明である。
- ・融雪型火山泥流の数値シミュレーション結果の一例を図-4.2.4 に示す。この例は、山体を覆う雪の平均的な積雪深が 50cm の状況 (従来の小～中規模の噴火による融雪型火山泥流における想定と同じ) で、山頂火口から噴出総量 200万m^3 の火砕流が、一方向に流下した場合を想定し、8方向分を重ね合わせたものである。

※11 クライマックス噴火 : 一連の火山活動の中で特に規模の大きい噴火。

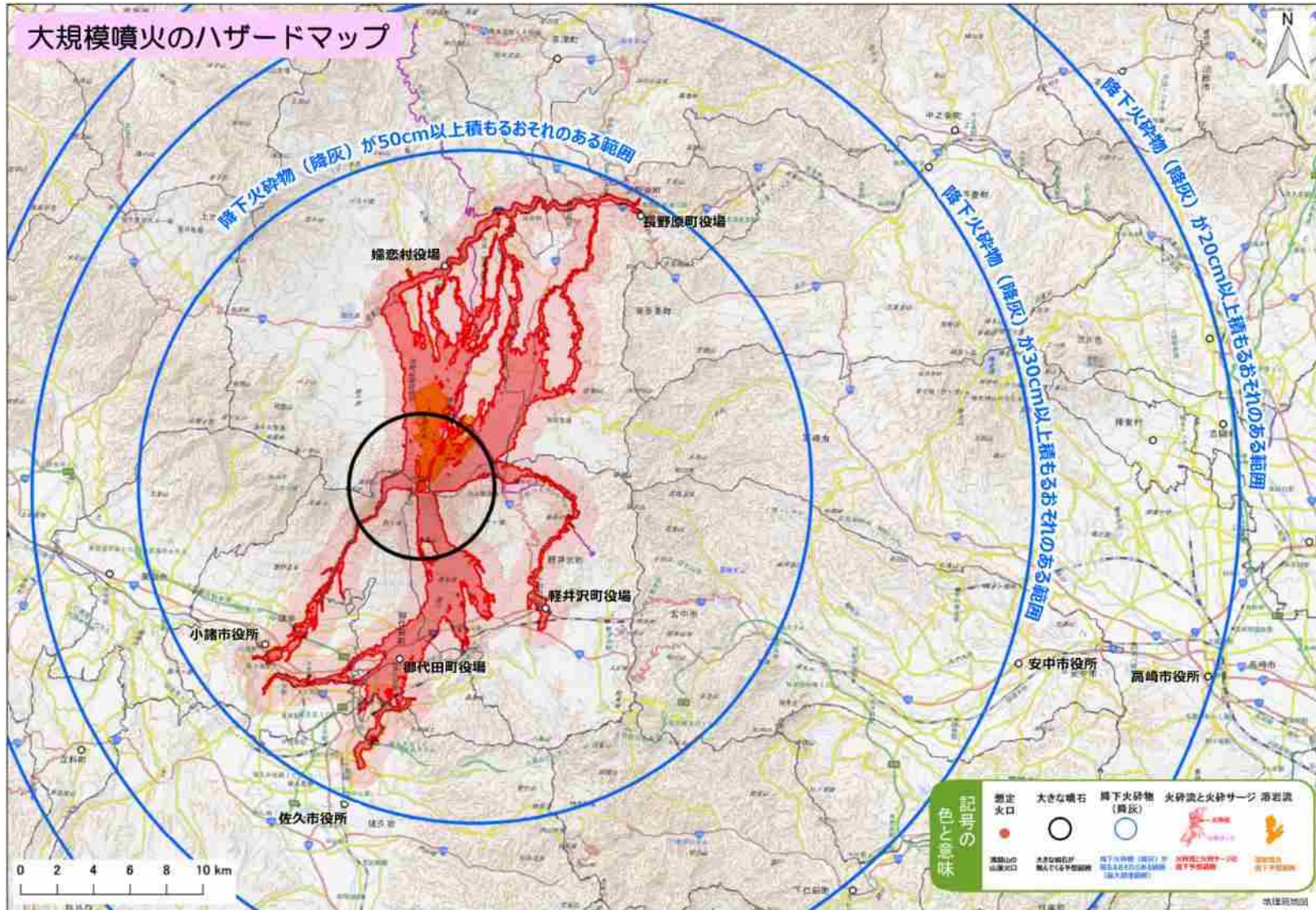


図-4.2.1 大規模噴火における大きな噴石、降下火砕物（降灰）、火砕流（火砕サージ）及び溶岩流の想定到達範囲（浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾

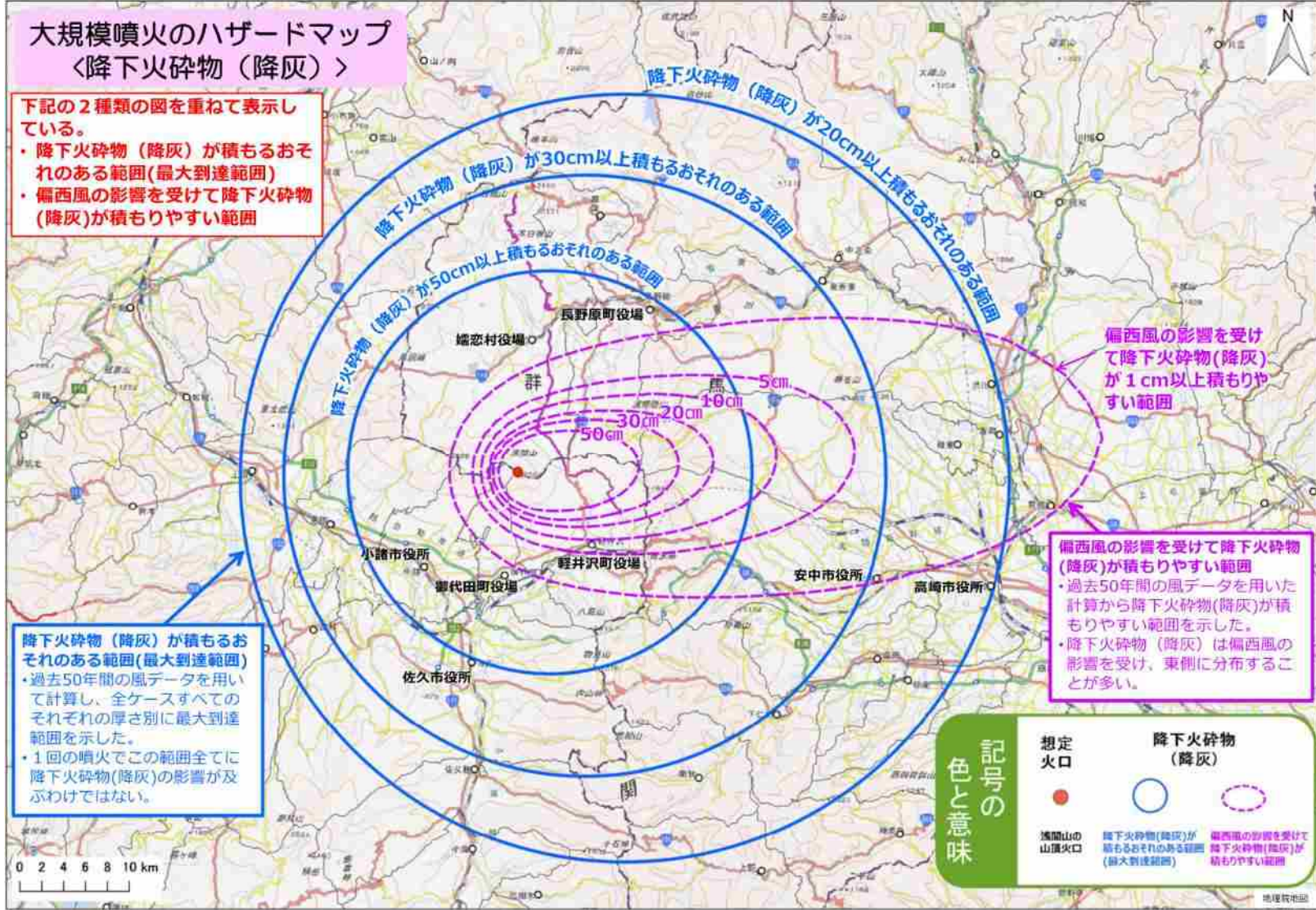


図-4.2.2 大規模噴火における降下火砕物（降灰）の想定到達範囲
(浅間山火山防災協議会(2018)²⁵⁾)

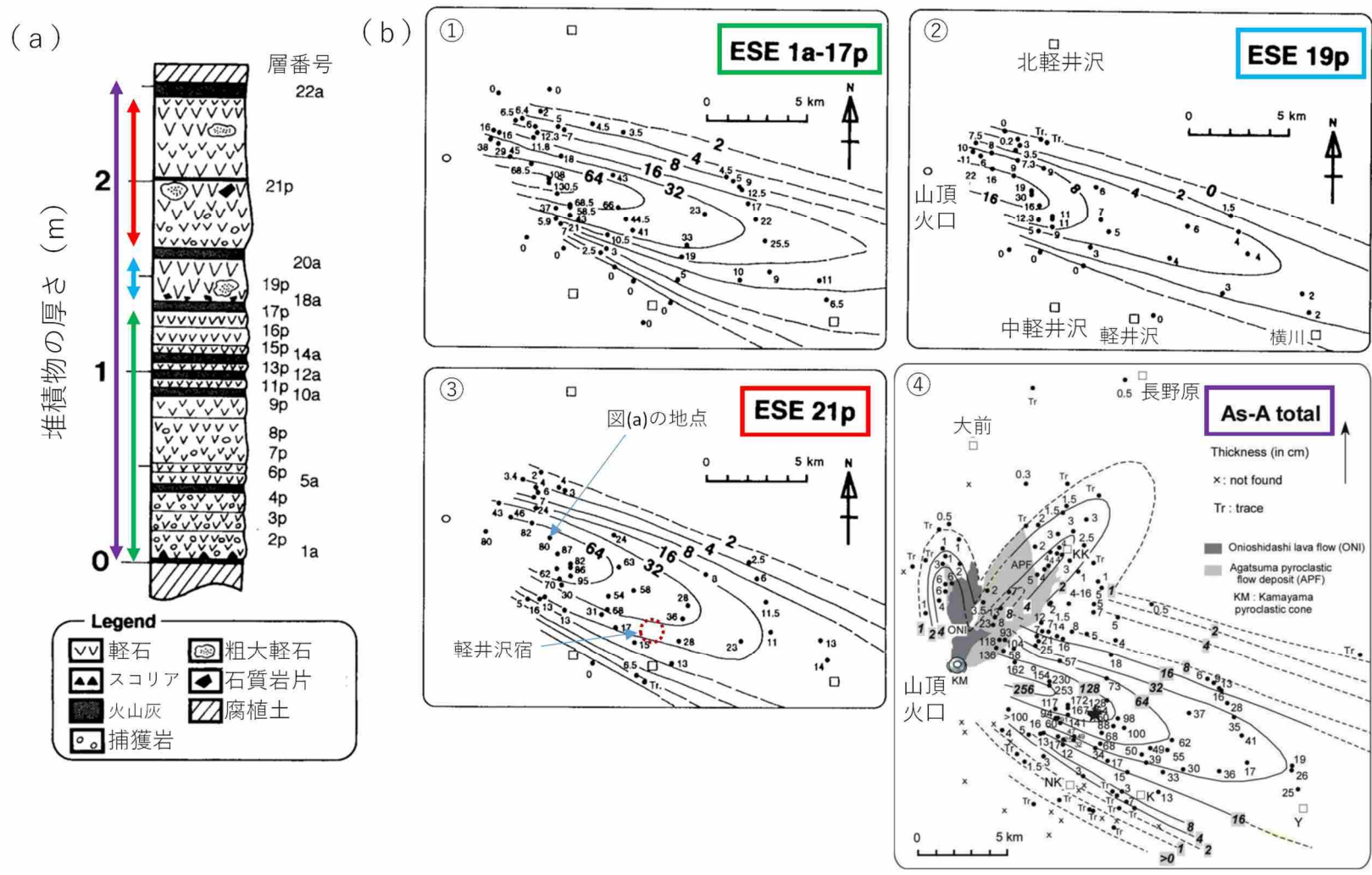


図-4.2.3 天明噴火による地層に残された堆積物の状況 (安井ほか(1997)¹⁸⁾、Yasui (2018)²⁸⁾)

(a) 火口から東～東南東方向 5.6km の地点の地層の状況

(b) 火口から東南東側における降下単位毎の地層に残された堆積物の厚さ (単位 cm)。このうち②の 19p 層は 8 月 4 日午後
の噴火、③の 21p 層は 8 月 4 日夜～5 日朝の噴火に対応すると考えられる。④は天明噴火のトータルの堆積物の厚さ。

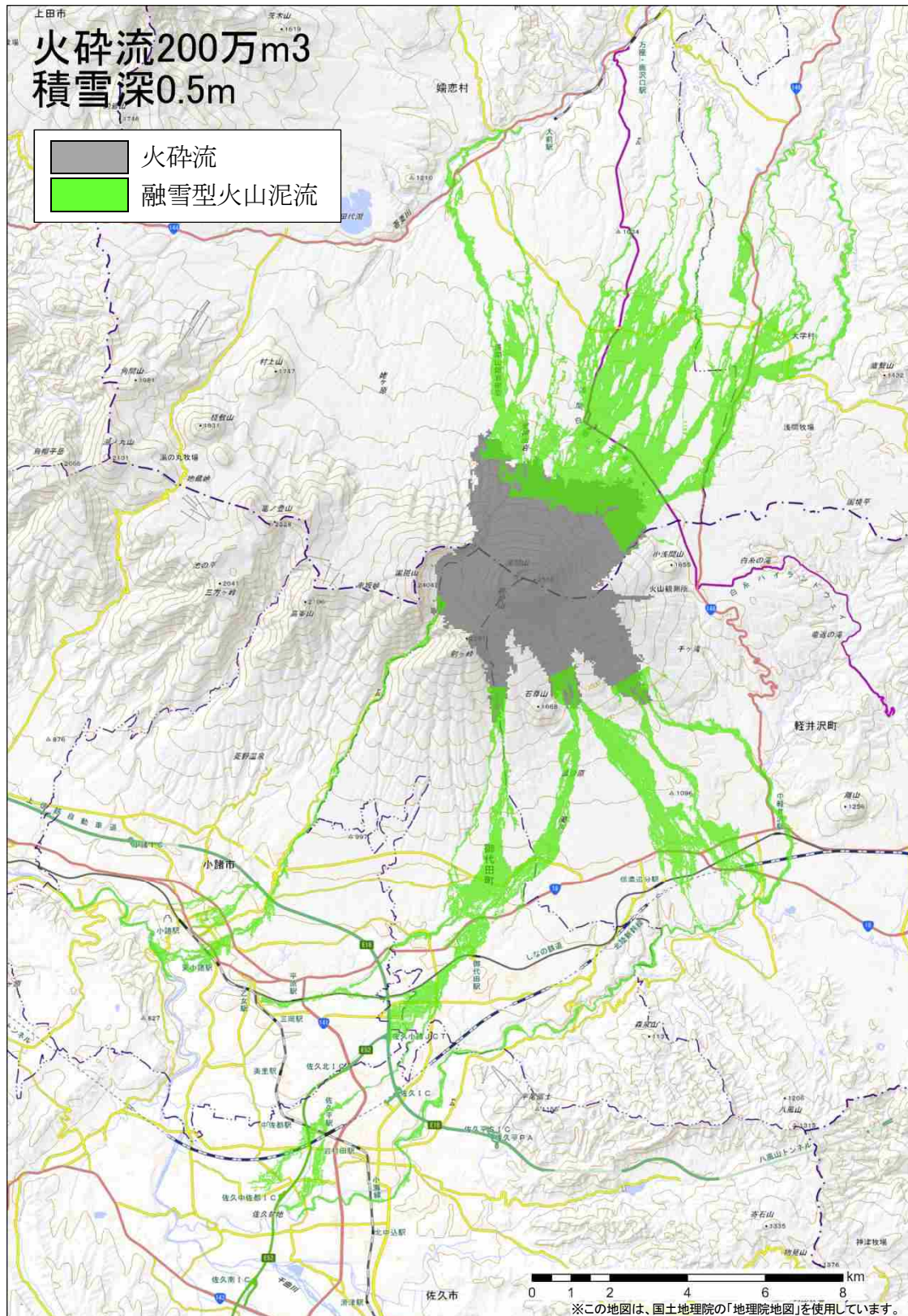


図-4.2.4 大規模噴火を想定した融雪型火山泥流の数値シミュレーション
(利根川水系砂防事務所提供)

- ・ 山体を覆う雪の平均的な積雪深が 50cm の状況で、山頂火口から噴出総量 200 万 m^3 の火砕流が、一方向に流下した場合を想定し、8 方向分を重ね合わせた融雪型火山泥流の影響範囲に関する数値シミュレーション結果。

4.3 大規模噴火の推移の想定

(1) 大規模噴火のステージの想定

整理した大規模噴火の資料から、浅間前掛火山大規模噴火の噴火推移（図-4.3.1）を採用する。

大規模噴火に備えるための広域避難を含む事前の防災対応を検討するにあたっては、大規模噴火の噴火推移（図-4.3.1）のうち、特に活動の初期段階において想定される現象を整理しておくことが有効である。そこで本章では、図-4.3.1中の(a)～(e)で示す活動初期段階の各ステージに着目し、これらのステージで想定される現象や予想される観測データ等について次項で検討することとする。

なお、図-4.3.1は、類型化した噴火事象ごとに、図の左側から右側に時間的に推移するように記述したものであるが、これらを噴火のステージ間の遷移がより明確になるように整理した遷移図を図-4.3.2に示す。

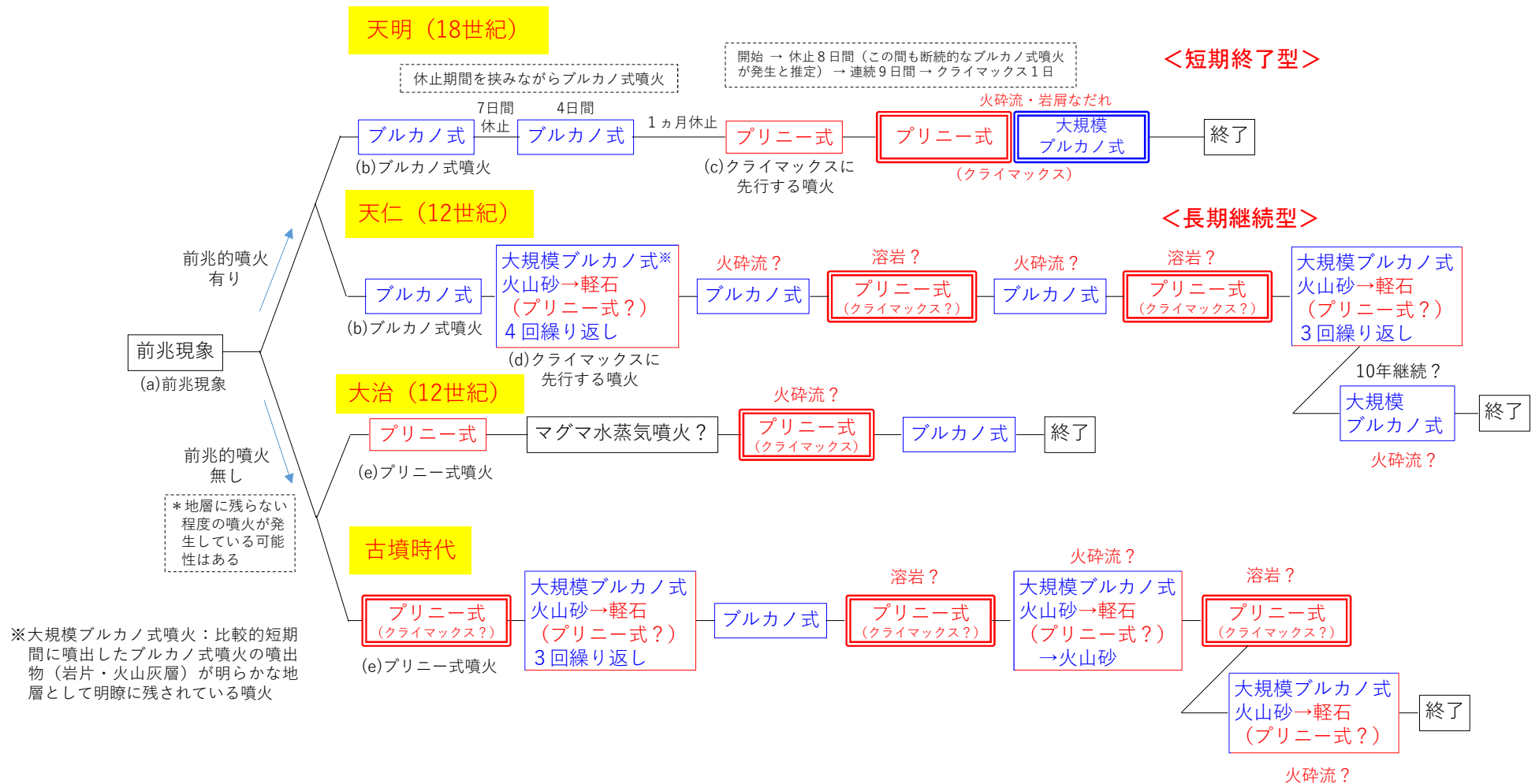


図-4.3.1 浅間前掛火山大規模噴火の噴火推移 (高橋ほか (投稿中)²⁹⁾を基に作成)

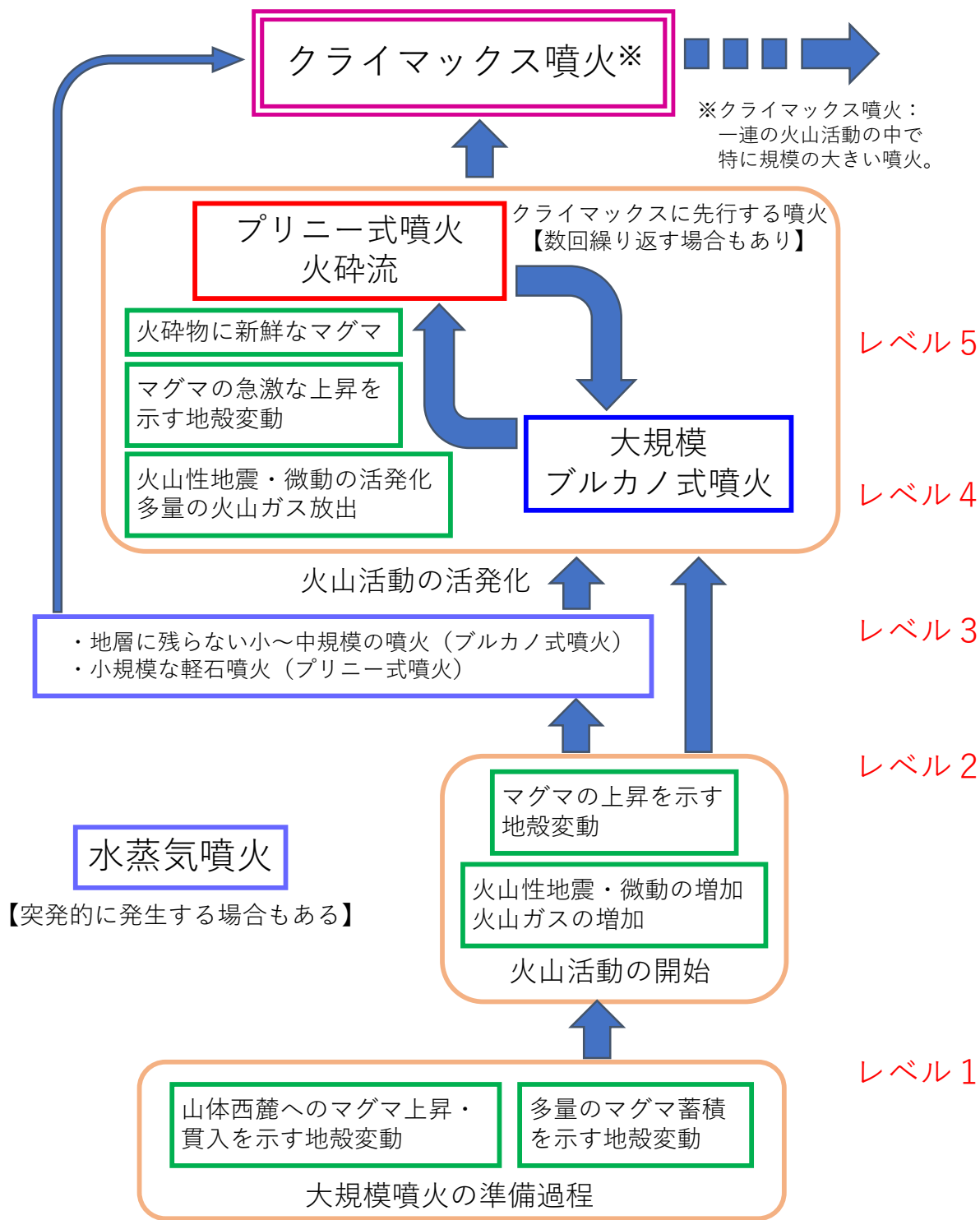


図-4.3.2 大規模噴火の遷移図

(2) 大規模噴火の各ステージで想定される現象、予想される観測データ等

活動初期段階の各ステージ（図-4.3.1の(a)～(e)の各ステージ）において想定される前駆現象と、それに伴って予想される観測データを検討した。また、このような変化が観測されたと仮定した場合に適合する噴火警戒レベルの推移と、各ステージの火山活動によって想定される影響について下線を引いて示した。

(a) 前兆現象

一般に、大規模噴火に至る過程では、事前に上部地殻内部のマグマ溜りに多量のマグマが蓄積されることが想定され、これに伴う地震活動や地殻変動など火山活動の変化が生じる可能性が高い。そして、現在の観測技術では、こうした大規模噴火に先駆する現象を捉えられる可能性は高いといえる。

一方で、これらの先駆的な観測データの変化を捉えたとしても、噴火の規模や推移、噴火の正確な開始時期を推定することは簡単ではないことに留意する必要がある。

(例えば、数か月から数年にわたってマグマの蓄積が継続していることは把握できても、何日後（あるいは何年後）に噴火が始まるのか、最初に小噴火・中噴火が発生してから大規模噴火に至るのか、いきなり大規模噴火が発生するのか、あるいは小噴火・中噴火だけで活動が一旦終息するのか、といった将来の活動推移を正確に推定することは困難である。)

◎想定される現象：

噴火に先駆する山体深部のマグマ溜りへのマグマ蓄積の進行

◎予想される観測データ：

深部マグマ溜りへのマグマ蓄積を示す地殻変動

(浅間山西方でのGNSS基線長の伸張：全体で10cmのオーダー)

※ある仮定の下でのシミュレーション結果を、例として参考図-1に示した。

◎噴火警戒レベル：

レベル1

◎想定される影響：

地震発生による影響の可能性

(b) ブルカノ式噴火（山頂火口からの中規模噴火の発生）

◎想定される現象：

山体西麓へのマグマ上昇・貫入

マグマ上昇・貫入に伴う山体内で応力蓄積

マグマからの脱ガスの進行

ごく小規模な水蒸気噴火の発生

山頂火口内へのマグマ上昇

ブルカノ式噴火の断続的発生、噴火規模の増大

◎予想される観測データ：

山体西麓へのマグマ上昇・貫入を示す地殻変動・傾斜変化

(浅間山西麓を南北に挟む GNSS 基線長の伸張：mm のオーダー)

(浅間山西麓への急激なダイク貫入を示す傾斜変動：0.1~0.5 μ rad のオーダー)

※ある仮定の下でのシミュレーション結果を、例として参考図-2 に示した。

浅間山西麓を震源とする地震活動の高まり

山体浅部で発生する火山性地震と火山性微動の活発化

火山ガス放出量・噴煙量及び噴煙高度の増加

前掛火山直下の温度上昇を示す全磁力変化

火映現象

火口底温度の上昇

◎噴火警戒レベル：

レベル2 -> レベル3 (中噴火発生)

-> レベル4 (噴火規模の増大、過去に例のない規模の観測データ変化)

◎噴火により想定される影響：

火口から約 4km 以内への噴石 (火山岩塊、火山礫) の飛散

(噴火規模の増大により、火口から約 4km 以遠への飛散も想定)

風下側山麓への火山灰の降下

小規模火砕流の発生 (積雪期は融雪型火山泥流の発生)

爆発的噴火に伴う空振

(c) 天明噴火のクライマックスに先行する噴火

◎想定される現象：

多量のマグマ上昇を示す地殻変動

山体西麓への急激なマグマ上昇・貫入の繰り返し

山頂火口内へのマグマ上昇

プリニー式噴火の発生と規模増大

火口近傍での火砕丘の形成

山頂火口内で溶岩噴泉が断続的に発生

火砕流の発生

◎予想される観測データ：

山体西麓への繰り返しのマグマ上昇・貫入を示す地殻変動・傾斜変化

(浅間山西麓を南北に挟む GNSS 基線長の伸張の継続：数 cm のオーダー)

(浅間山西麓への急激なダイク貫入を示す傾斜変動：数 μ rad のオーダー)

※ある仮定の下でのシミュレーション結果を、例として参考図-3, 参考図-4 に示した。

火山性地震・火山性地震の活発化

多量の火山ガス放出

プリニー式噴火による軽石の降下

新鮮なマグマが降下火砕物の主体をなす

火砕流発生に伴う灰かぐらの降下

◎噴火警戒レベル：

レベル4 → レベル5（噴火規模の増大、火砕丘の形成、火砕流の発生）

◎噴火により想定される影響：

山麓まで多量の軽石や火山灰が飛散、降下

爆発的噴火に伴う空振

火砕成溶岩流の発生

火砕流とそれに伴う火砕サージの発生

火砕流による融雪型火山泥流の発生（積雪期）

(d) **天仁噴火のクライマックスに先行する噴火**

◎想定される現象：

多量のマグマ上昇を示す地殻変動

山体西麓への急激なマグマ上昇・貫入の繰り返し

山頂火口内へのマグマ上昇

大規模なブルカノ式噴火の発生

プリニー式噴火の発生

火口近傍での火砕丘の形成

◎予想される観測データ：

山体西麓への繰り返しのマグマ上昇・貫入を示す地殻変動・傾斜変化

（浅間山西麓を南北に挟む GNSS 基線長の伸張の継続：数 cm のオーダー）

（浅間山西麓への急激なダイク貫入を示す傾斜変動：数 μ rad のオーダー）

※ある仮定の下でのシミュレーション結果を、例として参考図-3, 参考図-4 に示した。

活発な火山性地震、火山性微動の発生

多量の火山ガス放出

プリニー式噴火による降下軽石の降下

新鮮なマグマが降下火砕物の主体をなす

火砕流発生に伴う灰かぐらの降下

◎噴火警戒レベル：

レベル4 → レベル5（噴火規模の増大、火砕丘の形成、火砕流の発生）

◎噴火により想定される影響：

山麓まで多量の軽石や火山灰が飛散、降下

火口から約 4km 以遠への噴石（火山岩塊、火山礫）の飛散

火砕流とそれに伴う火砕サージの発生（積雪期は融雪型火山泥流の発生）

爆発的噴火に伴う空振

(e) **プリニー式噴火（前兆的噴火なし）**

◎想定される現象：

【前駆現象】

多量のマグマ上昇を示す地殻変動
山体西麓へのマグマ上昇・貫入
マグマ上昇・貫入に伴う山体内で応力蓄積
マグマからの脱ガスの進行
地層の痕跡を残さない規模の噴火発生
小規模な火砕流の発生
小規模の軽石噴火の発生

【噴火発生】

プリニー式噴火の発生
火口近傍での火砕丘の形成
火砕流の発生

◎予想される観測データ：

【前駆現象】

山体西麓への繰り返しのマグマ上昇・貫入を示す地殻変動・傾斜変化
(浅間山西麓を南北に挟む GNSS 基線長の伸張の継続：cm のオーダー)
(浅間山西麓へのダイク貫入を示す傾斜変動： μ rad のオーダー)

※ある仮定の下でのシミュレーション結果を、例として参考図-3, 参考図-4 に示した。

火山性地震・火山性地震の活発化
浅間山西麓を震源とする地震活動の高まり
山体浅部で発生する火山性地震と火山性微動の活発化
火山ガス放出量・噴煙量及び噴煙高度の増加
前掛火山直下の温度上昇を示す全磁力変化
火映現象
火口底温度の上昇

【噴火発生】

新鮮なマグマが降下火砕物の主体をなす

◎噴火警戒レベル：

レベル3 (小規模な噴火発生) -> レベル4・5 (プリニー式噴火の発生)

◎噴火により想定される影響：

火口から約4km以内への噴石 (火山岩塊、火山礫) の飛散
(噴火規模の増大により、火口から約4km以遠への飛散も想定)

風下側山麓への火山灰の降下

山麓まで軽石や火山灰が飛散、降下

火砕流とそれに伴う火砕サージの発生 (積雪期は融雪型火山泥流の発生)、規模増

大

爆発的噴火に伴う空振

4.4 天明噴火の火山活動の時間的推移

過去に発生した大規模噴火のうち、時間的推移が比較的良く判っている天明噴火を例として、火山活動の推移の時系列を掲載する（図-4.4.1）。

図内には、それぞれのステージで想定される現象や観測の状況とともに、こうした推移をたどったと仮定した場合の噴火警戒レベルの発表状況（想定）を記載している。

ただし、ここに掲載する状況推移はあくまで一つの想定であり、必ずしも起こりうる全ての現象やその推移を網羅したものではない。

天明噴火の推移

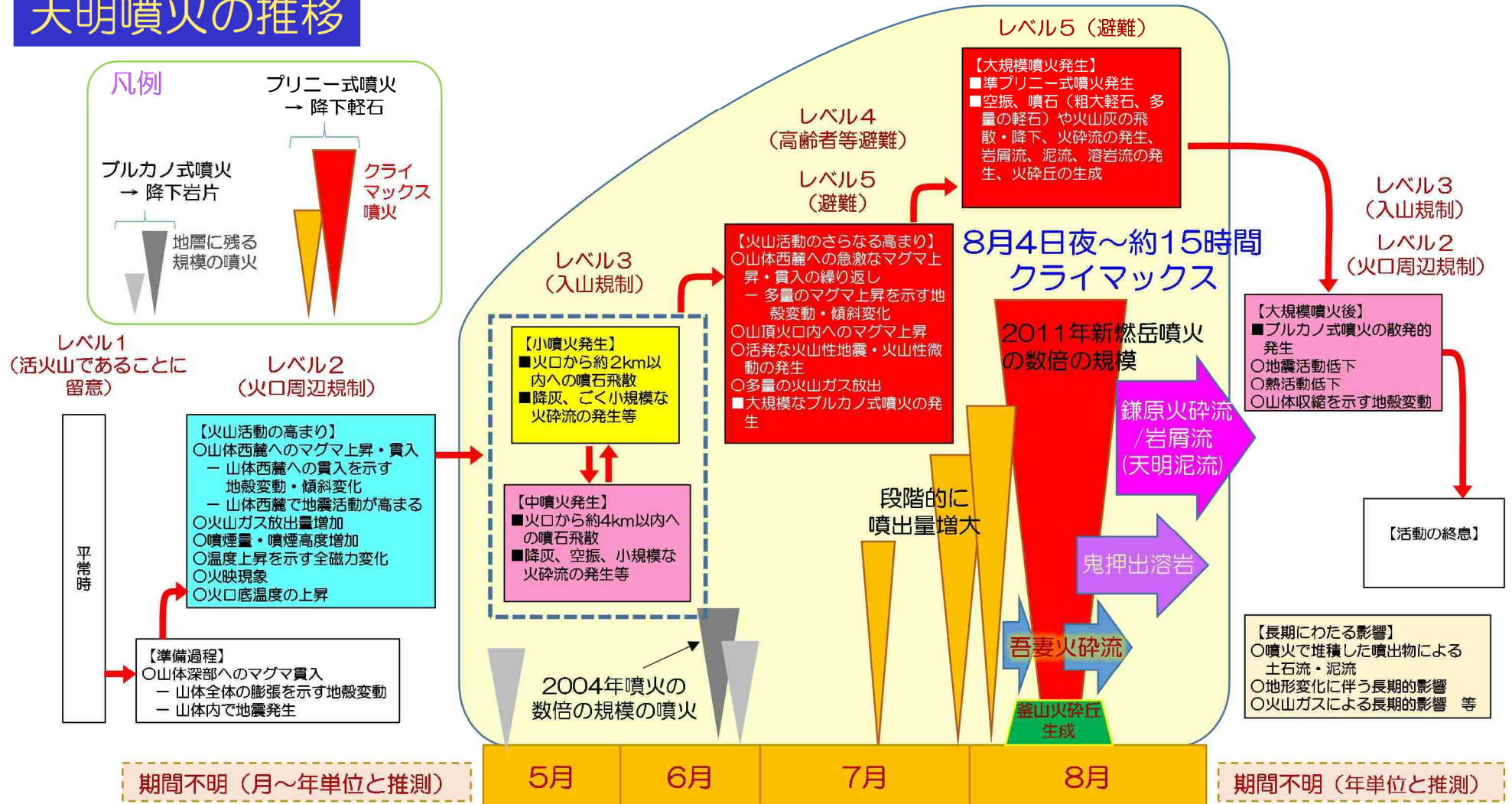


図-4.4.1 天明噴火のケース

5. まとめ

浅間山の噴火シナリオを、小～中規模噴火と大規模噴火のそれぞれについて整理した。なお、実際の噴火時には必ずしもこのシナリオ通りに推移するとは限らないので留意する必要がある。

また、大規模噴火に対応するための広域避難を検討するにあたっては、小～中規模噴火が発生している状況から大規模噴火のステージに移行する可能性を把握できるかどうか、もしくは、大規模噴火に先駆する可能性がある小～中規模噴火ステージの具体的な推移を事前に予測できるかどうかも重要である。しかしながら、大規模噴火の経験は非常に少なく、その先駆現象としての小～中規模噴火等の事象に関する知見はほとんど無いのが実情であり、大規模噴火シナリオと小～中規模噴火シナリオの接続については本シナリオでは扱わなかった。この点は将来に向けての課題であるが、大規模噴火に至るには、事前に地下に多量のマグマ蓄積が進むとみられ、その前駆現象を観測で捉えられる可能性が高まっていることは記しておきたい。

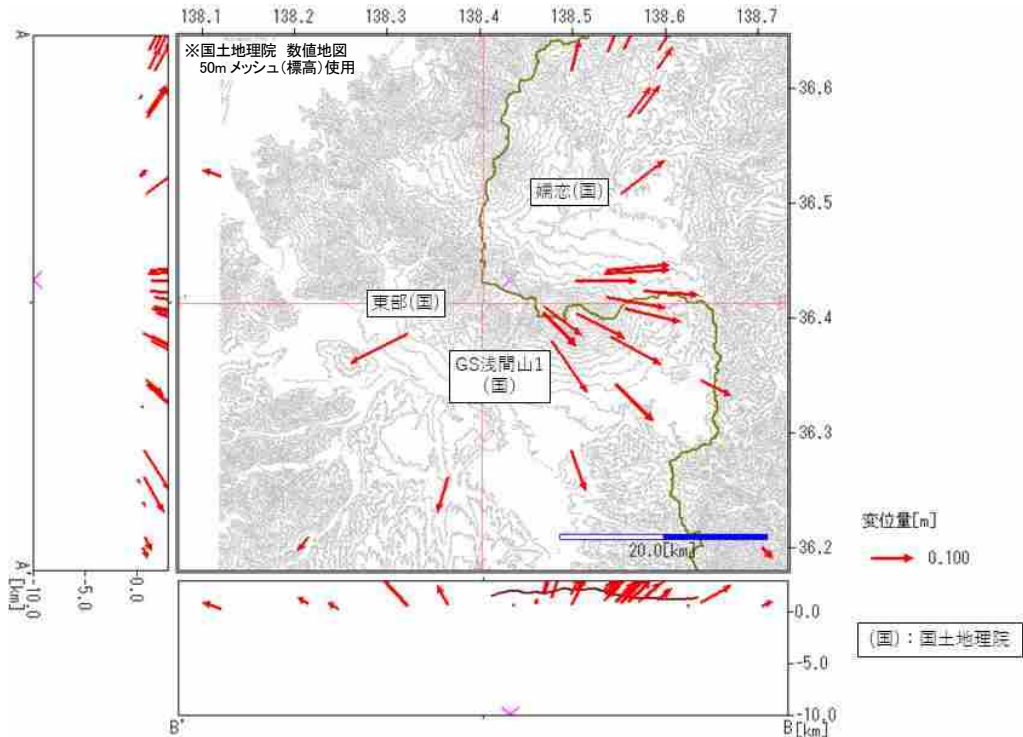
シナリオの内容や表現などについては、今後の火山学の進展による新たな知見を取り入れながら、必要に応じて改善を行っていくこととする。

<参考文献一覧>

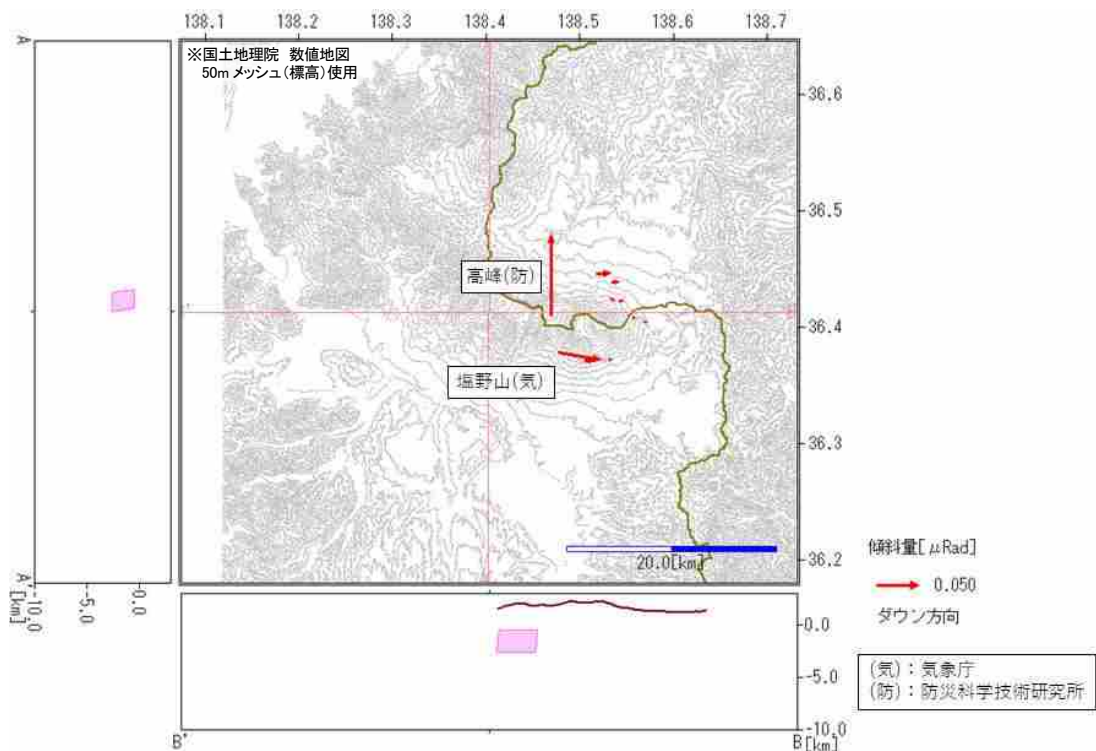
- 1) 荒牧重雄 (1968) : 浅間火山の地質(地質図付), 地団研専報, 14 巻, 45p.
- 2) 荒牧重雄 (1981) : 浅間火山の活動史, 噴出物およびDisaster Mapと災害評価, 噴火災害の特質とHazard Mapの作製およびそれによる噴火災害の予測の研究, 文部省科学研究費自然災害特別研究, NO. A-56-1, 50-82.
- 3) 国土交通省利根川水系砂防事務所 (2004) : 「天明3年浅間焼け」.
- 4) 国土交通省利根川水系砂防事務所・長野県・群馬県 (2003) : 「浅間山火山防災マップ 2003年版〈浅間山ハザードマップ検討委員会最終資料〉」.
- 5) 山元孝広 (2014) : 日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図. 地質調査総合センター研究資料集, no. 613, 産総研地質調査総合センター.
- 6) Global Volcanism Program, 2013. Asamayama(283110) in Volcanoes of the World, v. 4.8.7 (12 Mar 2020). Venzke, E (ed.). Smithsonian Institution. Downloaded 08 Apr 2020 (<http://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=283110>). <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW4-2013>
- 7) 気象庁 (2013) : 「日本活火山総覧(第4版)」.
- 8) 気象庁資料(火山活動解説資料, 火山噴火予知連絡会会報, 浅間山爆発史集, 部内資料など).
- 9) 宮崎務 (2003) : 浅間山火山活動記録の再調査, 震研彙報, Vol. 78, 283-463.
- 10) 上毛新聞記事(明治43年~平成16年).
- 11) 信濃毎日新聞記事(明治27年~平成16年).
- 12) 朝日新聞記事(昭和33年~平成16年).
- 13) 町田洋・新井房夫 (2003) : 「新編火山灰アトラス」, 東京大学出版会, 336pp.
- 14) 荒牧重雄 (1993) : 「浅間火山地質図」火山地質図6, 通産省工業技術院地質調査所.
- 15) 高橋正樹・市川八州夫・安井真也・浅香尚英・下斗米朋子・荒牧重雄 (2003) : 「浅間・前掛火山天仁噴火噴出物の全岩化学組成と天明噴火噴出物との比較」日本大学文理学部自然科学研究所紀要, 38, 65-88.
- 16) 安井真也 (2015) : 降下火砕堆積物からみた浅間前掛火山の大規模噴火, 火山, 第60巻, 211-240.
- 17) 高橋正樹・安井真也 (2013) : 浅間前掛火山のプロキシマル火山地質学及び巡検案内書 — 浅間前掛火山黒豆河原周辺の歴史時代噴出物 — , 火山, 58, 311-328.
- 18) 安井真也・小屋口剛博・荒牧重雄 (1997) : 堆積物と古記録からみた浅間火山1783年のプリニー式噴火, 火山, 第42巻, 第4号, 281-297.
- 19) Minakami, T. (1942) On the Distribution of Volcanic Ejecta. (Part I.) The Distributions of Volcanic Bombs ejected by the Recent Explosions of Asama. Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 20, 65-92.
- 20) 吉本充宏・嶋野岳人・中田節也・飯田晃子・黒川将・岡山悠子・野中美雪・金子隆之・辻浩・小山悦郎・星住英夫・石塚吉浩・古川竜太・野上健治・鬼沢真也・新堀賢志・杉本健・長井雅史 (2005) : 浅間山2004年噴火の噴出物の特徴と降灰量の見積もり, 火山, 第50巻, 第6号, 519-533.
- 21) 荒牧重雄 (1973) : 浅間火山1973年2~3月の噴火の際に発生した小型火砕流, 火山, 第18巻, 第2号, 79-94.

- 22) 下鶴大輔・行田紀也・鍵山恒臣・小山悦郎・萩原道德・辻浩 (1982) : 1982年4月26日の浅間山の噴火, 震研彙報, Vol. 57, 537-559.
- 23) Takahashi, M., Yasui, M. and Kanamaru, T. :Tephra Geology of Asama-Maekake Volcano, Central Japan, Revealed by Trenching and Its Applications for Prediction of Volcanic Eruptions and Reduction of Volcanic Hazards. submitted to Journal of Disaster Research
- 24) 荒牧重雄・早川由紀夫・浅間火山観測所 (1983) : 1983年4月8日浅間火山噴火の降灰調査, 火山噴火予知連絡会会報, 28, 23-25.
- 25) 浅間山火山防災協議会 (2018) : 浅間山火山ハザードマップの解説.
- 26) 日野貴之・都司嘉宣 (1993) : 天明三年 (1783) の浅間山噴火による降下堆積物に関する古文書記録と数値シミュレーション, 地震研究所彙報, Vol. 68, 71-90.
- 27) 荒牧重雄・安井真也・小屋口剛博・草野加奈子 (1998) : 古記録・古文書に残された浅間火山天明3年の降下火砕堆積物の層厚, 火山, 第43巻, 第4号, 223-237.
- 28) Yasui, M. (2018) Textures of the Eruptive Products of Asama-Maekake Volcano from the 12th Century: Indicator of Eruptive Processes. Proceedings of the Institute of Natural Sciences, Nihon University, No. 53(2018), 37-50.
- 29) 高橋正樹・安井真也・中川光弘・武尾実: 浅間前掛火山の噴火事象確率予測と噴火事象系統樹, 火山 (投稿中)

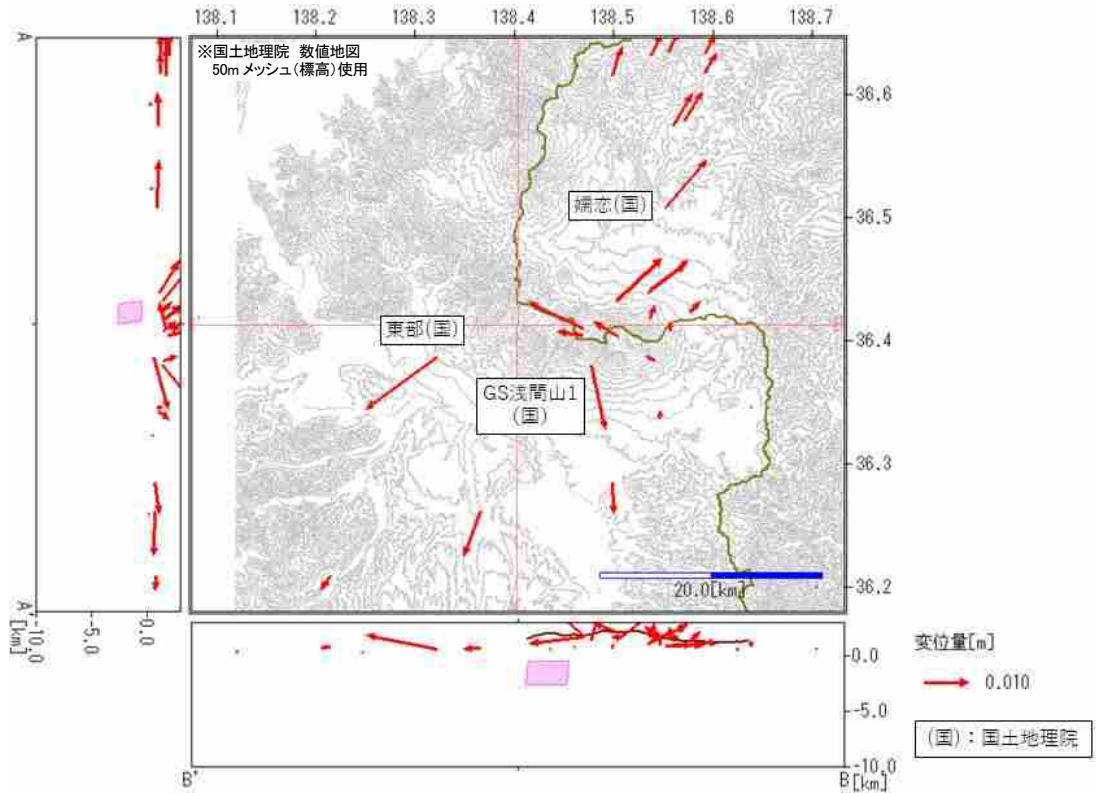
参考図



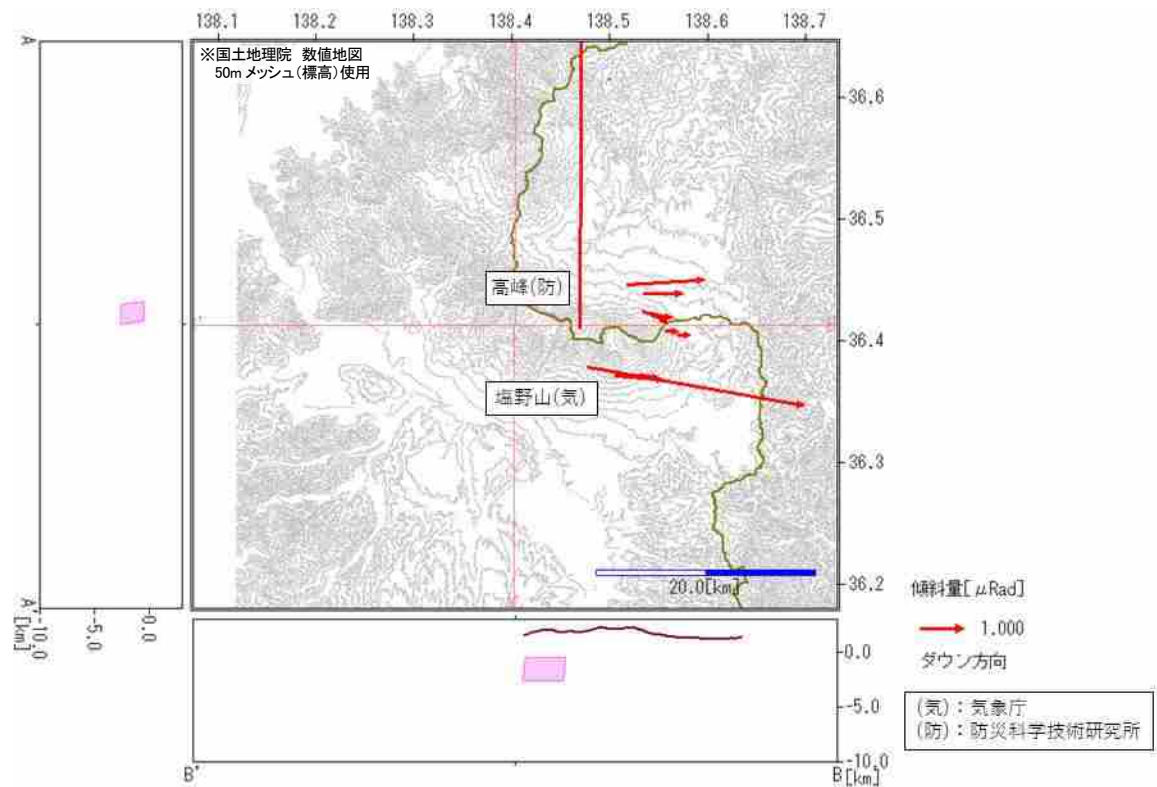
参考図-1 深部マグマ溜りへのマグマ蓄積を示す地殻変動 (GNSS) の予測量の一例
 (深部マグマ溜りの深さを10kmと仮定し、天明噴火及び天仁噴火の総マグマ噴出量を参考に、
 深部マグマ溜りに0.22km³のマグマが蓄積(球状に膨張)すると仮定した場合の推定変動量)



参考図-2 山体西麓へのマグマ上昇・貫入を示す傾斜変化の予測量の一例
 (浅間山西麓の深さ1.5km(海面下)の場所に、体積変化量0.0001km³のマグマがダイク状に
 貫入(体積膨張)すると仮定した場合の推定変動量)



参考図-3 山体西麓への急激なダイク貫入を示す地殻変動 (GNSS) の予測量の一例
 (浅間山西麓の深さ 1.5km (海面下) の場所に、体積変化量 0.01km³ のマグマがダイク状に貫入 (体積膨張) すると仮定した場合の推定変動量)



参考図-4 山体西麓への急激なダイク貫入を示す傾斜変化の予測量の一例
 (浅間山西麓の深さ 1.5km (海面下) の場所に、体積変化量 0.01km³ のマグマがダイク状に貫入 (体積膨張) すると仮定した場合の推定変動量)