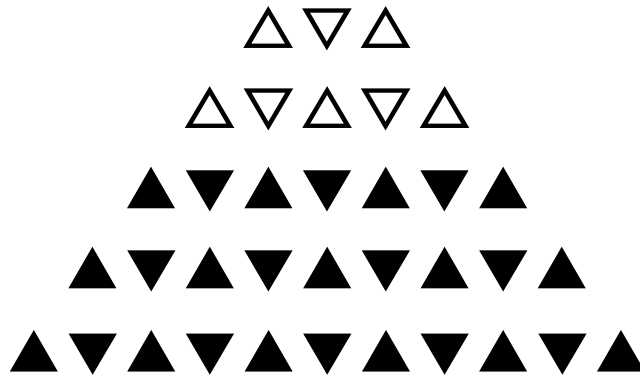


(案)

資料 1-2

富士山ハザードマップ
(改定版)
検討委員会

報告書



MOUNT FUJI

令和 3 年 3 月

富士山火山防災対策協議会

富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会
報告書目次

はじめに	1
1 改定の目的と改定項目	
1.1 富士山ハザードマップ改定の目的	4
1.2 改定した項目	4
1.3 火山防災対策への活用方法	5
2 富士山の火山活動に関する最新の知見	
2.1 富士山の噴火史	6
2.2 最新の研究成果による噴火実績の見直し	8
2.3 山体崩壊の実績図	11
3 ハザードマップ改定の対象	
3.1 対象とすべき富士山の噴火年代区分	15
3.2 噴火規模の区分と発生回数	17
3.3 改定の対象とする富士山の噴火に伴う現象	18
4 ハザードマップの作成手法	
4.1 想定火口範囲	21
4.2 溶岩流のシミュレーション	30
4.3 火砕流のシミュレーション	41
4.4 融雪型火山泥流のシミュレーション	50
5 火山現象ごとのハザードマップとハザード統合マップ	
5.1 ハザードマップの構成要素	55
5.2 想定火口範囲	59
5.3 溶岩流のハザードマップ	61
5.4 火砕流・火砕サージのハザードマップ	109
5.5 融雪型火山泥流のハザードマップ	121
5.6 大きな噴石のハザードマップ	157
5.7 降灰(小さな噴石を含む)のハザードマップ	160
5.8 降灰後土石流のハザードマップ	165
5.9 ハザード統合マップ	167
6 火山防災対策への活用	
6.1 ハザードマップの活用方針	170
6.2 本委員会で作成したマップの種類	171
6.3 火山防災対策検討のためハザードマップを活用する際の留意点	172
6.4 ハザードマップや火山防災マップの理解促進に向けて	177
おわりに	180
本報告書で使用する語句の意味	181
富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会	
富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会 委員名簿	184
富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会の開催経緯	185
資料編	

はじめに

富士山は、1707年（宝永四年）に噴火した後、表面上は約300年間沈黙してきた。しかし、2000年10月から12月、及び翌年4月から5月には富士山直下で低周波地震の多発が観測された。これを契機に、富士山における火山防災対策を検討するため、2001年7月に国並びに関係する県、市町村により「富士山火山防災協議会¹⁾」が設置（2002年6月名称変更）された。富士山火山防災協議会は、火山防災対策及びその基礎となる火山ハザードマップについて専門的見地から検討するため、2000年7月に学識経験者と防災関係機関により構成される「富士山ハザードマップ検討委員会」を設置し、当該委員会での調査・検討成果を踏まえて、2004年6月に火山噴火や関連する土砂災害の影響範囲や程度を図示した「富士山火山防災マップ（試作版）」^{a)}、及び関係機関が取り組むべき火山防災対策の方針についても示した「富士山火山ハザードマップ検討委員会報告書 平成16年6月」^{b)}（以下、平成16年版報告書と呼ぶ）を作成・公表した。

その後、内閣府が2011年12月に公表した防災基本計画において火山防災協議会の位置づけが明確化されたことから、2012年6月には国、県及び市町村等の関係機関により、「富士山火山防災対策協議会」が設立された。同協議会は広範囲にわたる火山災害に対して具体的な避難対象地域等を検討し、2015年3月に「富士山火山広域避難計画」²⁾を策定・公表した。

また、富士山に関する各種調査研究により数多くの新しい知見が得られたことから、富士山火山防災対策協議会は、2016年1月に学識経験者と防災関係機関により構成される「富士山火山防災対策協議会作業部会」（以下、作業部会と呼ぶ）を設置し、富士山ハザードマップの改定及び噴火警戒レベルの運用に関する検討を行った。作業部会は、検討の結果、平成16年版報告書^{b)}で示したハザードマップと比較して、想定火口範囲や溶岩流等の火山現象の影響想定範囲が拡大する可能性があるため、2018年3月に「ハザードマップの改定に向けた方向性（案）」をとりまとめ、協議会において富士山ハザードマップ改定の方針³⁾を決定した。

作業部会は、さらに専門的かつ技術的な観点から詳細検討を行うため、2018年7月の第4回作業部会において、作業部会の中に学識経験者と防災関係機関により構成される「富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会」を設置し、富士山ハザードマップの改定に関する具体的な検討を進めてきた。

本報告書は「富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会」での検討成果をとりまとめたものである。

なお現在、国では富士山の噴火による広域降灰による影響や対策の検討を進め

¹⁾2002年6月名称変更

²⁾2017年3月及び2018年3月に改定

³⁾2018年度から着手し、2020年度中の改定を目指すこととした。

ているところであり、今後も、更に新しい知見が得られるであろうことから、「富士山ハザードマップ」は随時の見直しを行っていくものとする。

表 0-1 参考資料のURL一覧

番号	名 称	URL	備 考
a)	富士山火山防災マップ（試作版）	http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan-kyougikai/fuji_map/	内閣府 公式HP
b)	富士山火山ハザードマップ検討委員会報告書	http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan-kyougikai/report/index.html	内閣府 公式HP
c)	富士山火山広域避難計画	https://www.pref.yamanashi.jp/kazan/fujisankazan.html	山梨県 公式HP
		http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/e-quakes/shiraberu/higai/fujisan/index.html	静岡県 公式HP
d)	富士山ハザードマップ改定の方針について	http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/e-quakes/shiraberu/higai/fujisan/documents/07_shiryoku4-1_hm-kaiteihoushin.pdf	静岡県 公式HP

本報告書の構成は以下に示すとおりである。

- 1章 ハザードマップ改定の目的と改定した項目、改定したハザードマップを今後の火山防災対策検討に活用する際の項目について整理した。
- 2章 富士山の火山活動に関する最新の知見として、富士山の噴火ステージ区分、火口位置や過去の噴出物について既存資料や現地調査の結果を基に整理した。
- 3章 上記の新たな知見を踏まえ、富士山の活動時期、過去の噴火規模と発生頻度の関係や、改定に伴い規模や発生位置を見直す現象について整理した。
- 4章 再整理した実績の火口位置から想定火口範囲を見直した。また、それを基に噴火口を想定した計算開始点を設け、溶岩流の数値シミュレーションを実施したことから、その計算条件や地形条件等について整理した。併せて、火砕流及び火砕流から派生する融雪型火山泥流の数値シミュレーションについても実施したことから、計算条件等について整理した。
- 5章 まずハザードマップの構成要素について整理し、4章で実施した数値シミュレーションの結果によって得られた各現象のドリルマップ及び各現象が影響する可能性のある範囲を示す可能性マップを掲載した。可能性マップ等については、新旧のそれぞれ図において火山現象による影響範囲等の差異が分かるようにするため、平成16年版報告書の図を並べて掲載した。なお、大きな噴石のハザードマップは想定火口範囲の見直しにより、降灰後土石流の可能性マップは平成16年版報告書を公表して以降、各都道府県により土砂災害防止法に基づいて土砂災害についての基礎調査が進められ、2020年（令和2年）3月に完了したことから、両マップを作成した。降灰（小さな噴石を含む）の可能性マップは今回は検討対象としなかったため、平成16年版報告書の図を再掲した。また、再作成したドリルマップ・可能性マップを元に各火山現象の影響想定範囲を重ねて表示したハザード統合マップを作成した。
- 6章 改定したハザードマップを活用して今後火山防災対策を検討する際の留意点について整理した。

1 改定の目的と改定項目

1.1 富士山ハザードマップ改定の目的

平成 16 年版報告書の作成・公表の後も、富士山に関する各種調査研究が進められており、その 1 つの成果として 2016 年には産業技術総合研究所地質調査総合センターから「富士火山地質図第 2 版」が発行された。また、国土交通省中部地方整備局富士砂防事務所及び山梨県において複数年にわたって航空レーザー測量が行われた結果、富士山域全体の詳細な地形データが得られ、2011 年 3 月に「赤色立体地図」として発行された。

こうして蓄積された最新の科学的知見に基づいて富士山ハザードマップを改定する目的は、影響範囲の拡大等が想定される噴火現象が発生した際にも防災関係機関・住民が適切な対応をとることが可能になるよう、火山防災対策の検討に向けて現状で得られる最良の影響想定範囲を設定することである。

今後は、富士山火山防災対策協議会及び同協議会を構成する各機関が、本委員会の成果を基に富士山火山広域避難計画を改定する必要があり、また、それを受けて関係機関は防災計画などの防災対策に反映させる必要がある。

1.2 改定した項目

本委員会では、富士山火山防災対策協議会の富士山ハザードマップ改定の方針に従い、以下の項目について改定を行った。

(1) 対象とする噴火年代

「富士火山地質図第 2 版」等、最新の調査に基づき、新富士火山の活動ステージを再区分し、ハザードマップ改定の際に参照する過去の噴火は、約 5,600 年前から始まる須走-b 期以降のものとした。また約 5,600 年前以降の噴火規模及び噴火回数を整理した。

(2) 想定火口範囲

「富士火山地質図第 2 版」等、最新の調査に基づき、新たに判明した火口を追加し、既存の火口についても位置・噴火規模を修正した。その結果に基づき大中小各規模の想定火口範囲を改定した。

(3) 地形メッシュサイズ

平成 16 年版報告書では溶岩流は 200m メッシュ DEM、火砕流と融雪型火山泥流は 50m メッシュ DEM で数値シミュレーションを実施していた。今回の改定にあたっては国土交通省富士砂防事務所が過去に実施したレーザー航測から作成した、20m メッシュ DEM を用いて数値シミュレーションを実施した。

(4) 溶岩流

最新の調査に基づいて、貞観噴火の総噴出量を7億 m³から13億 m³に修正した。また、20mメッシュ DEM を用いることに伴い、富士山及び他火山の溶岩流再現計算を実施して最適パラメータを設定した上で、それに基づいて規模や火口位置を変えながら数値シミュレーションを実施した。

(5) 火砕流・融雪型火山泥流

富士山の火砕流発生形態は、噴煙柱からの降下火砕物または火砕丘の一部が急斜面に落下し再移動して発生するタイプであるため、20mメッシュ DEM から火砕流が発生しうる急斜面を抽出した。火砕流の対象規模は山梨県富士山科学研究所の調査により新たに判明した鷹丸尾火砕流と同規模とし、上記で抽出した急斜面を発生領域とした数値シミュレーションを実施した。

また融雪型火山泥流の誘因となる積雪については、国土交通省富士砂防事務所が実施したレーザー計測による積雪深調査及び現地での積雪密度調査の結果から積雪量を設定した。それを元に火砕流の到達領域の積雪が融けて流下する過程を反映した泥流ハイドログラフを作成し、数値シミュレーションを実施した。

(6) ハザードマップの表現

溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流の数値シミュレーション結果から、防災対策を検討するために必要な到達時間を表現した、ドリルマップと可能性マップを現象ごとに再作成した。また、融雪型火山泥流については、危険度及び最大流動深を表現したドリルマップを新たに作成した。さらに、平成16年版報告書の作成手法に準じてハザード統合マップを試作した。

1.3 火山防災対策への活用方法

改定されたハザードマップを活用して富士山火山広域避難計画や地域防災計画などの防災対策を改定する際の留意点を示した。

また、ハザードマップや火山防災マップを効果的かつ適正に活用するため、今後、「使い方マニュアル」を整備することの重要性を示し、住民、登山客や観光客、行政機関などユーザーの属性によってハザードの読み取り方が異なること等の留意点を示した。

2 富士山の火山活動に関する最新の知見

2.1 富士山の噴火史

火山の種類や性質等によって、関連する防災対策も変わってくることから、富士山の火山防災対策を検討するにあたっては、富士山がどのような噴火を繰り返してきた火山であるかを認識しておく必要がある。平成16年版報告書では、宮地（1988）による噴火史を参照した。今回の改定にあたっては、最新の富士山の総合的調査結果である産業技術総合研究所地質調査総合センターの富士火山地質図（第2版）（高田ほか、2016）を参照することにした。

火山はその一生の中で活動の特徴を変えることが多い。そこで、活動の特徴が類似する期間を「期」あるいは「ステージ」などとしてまとめることで、火山の噴火史の区分を行うことが一般的に行われる。このような噴火史の区分やその境界年代は、研究の進展によって変化しうる。

高田ほか（2016）では、現地調査で明らかになった富士火山噴出物の上下関係と多くの放射性炭素年代値を総合的に検討して、新しい富士山の噴火史を構築し、年代区分を行った（表 2-1）。約17,000年前頃に始まる溶岩大量流出を境に、それ以前を星山期（約10万年前～約17,000年前）、それ以後を富士宮期（約17,000年前～約8,000年前）と須走期（約8,000年前以降）としている。須走期は、火山活動の低下を示す富士黒土層を形成した須走-a（約8,000年前～約5,600年前）、山頂及び山腹からの溶岩流出により今見られる円錐形の火山体が形成された須走-b（約5,600年前～約3,500年前）、山頂及び山腹での爆発的噴火が卓越した須走-c（約3,500年前～約2,300年前）及び山腹割れ目噴火が繰り返された須走-d（約2,300年前以降）に分けられている。

表 2-1 噴火年代区分

年代区分	時期	主な噴火口の位置	噴火の傾向
星山期	約 10 万年前 ～約 17,000 年前	—	爆発的噴火 複数回の山体崩壊 ^{※2}
富士宮期	約 17,000 年前 ～約 8,000 年前	—	溶岩の大量流出
須走期	須走-a 期	約 8,000 年前 ～約 5,600 年前	(静穏期) 小規模な火砕物の噴出 (富士黒土層 ^{※3} の主要部分形成)
	須走-b 期	約 5,600 年前 ～約 3,500 年前	山頂と山腹 溶岩の流出、火砕流の発生 (現在の円錐形の火山体の形成)
	須走-c 期	約 3,500 年前 ～約 2,300 年前	山頂と山腹 爆発的噴火、火砕流の発生 山体崩壊 ^{※2}
	須走-d 期	約 2,300 年前 ～現在	山腹 溶岩の流出 爆発的噴火(宝永噴火)

※1 噴火年代区分の須走期等の名称は模式地の地名による。

※2 山体崩壊の発生の要因は複数あり、噴火によるものか否かは特定できていない。

※3 火山灰があまり降らなかったことにより、植物が茂りそれが腐ってできる黒土(腐植土)に富む地層。

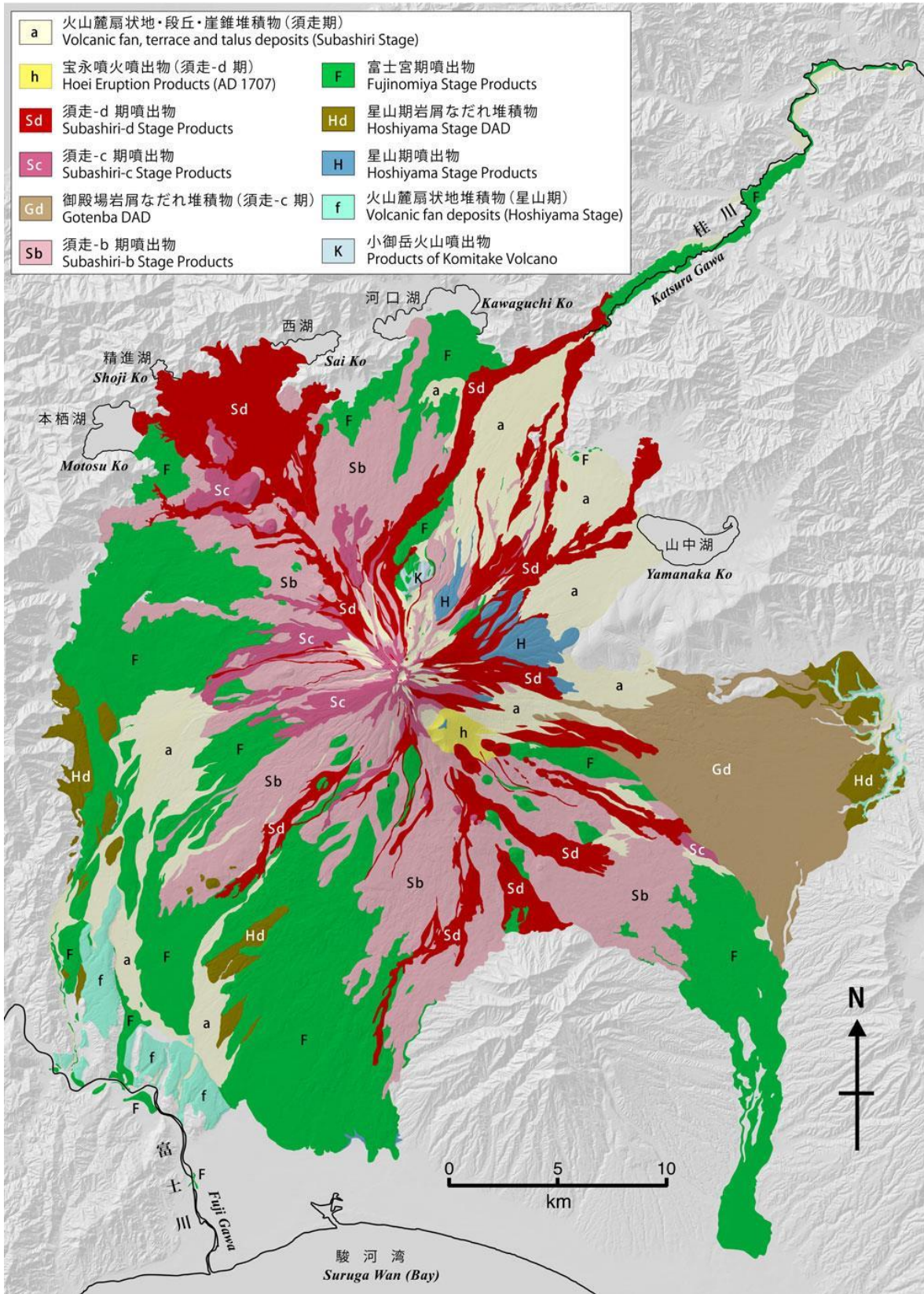


图 2.1-1 富士山の地質概略図 (富士火山地質図 (第2版) 説明書より)

2.2 最新の研究成果による噴火実績の見直し

平成 16 年版報告書以前に得られていた知見に加えて、富士火山地質図第 2 版を元に須走-b 期以降を対象に火口位置を追加・修正し、既往論文および図上での概算により火口からの噴出物量の修正を行った。また新たに判明した鷹丸尾火砕流の分布範囲と規模について検討した。

(1) 火口

平成 16 年版報告書 P33 に示された火口の実績図に対して、富士火山地質図第 2 版の地質図解説一口絵 2 富士火山の火口分布図を元に、須走-b 期(約 5,600 年前～約 3,500 年前)に形成された火口を追加した(図 2.2-1 の通番 1～23 の火口)。近年発見(または解釈変更)された新規 4 火口を追加した(図 2.2-1 の新規追加火口)。その他の火口については、最新の調査により位置の修正を行った。

さらに各火口からの噴出物量は、石塚ほか(2021)に従っている。

上記を踏まえて、噴火年代ごと・噴火規模(3.1 で後述)ごとに実績火口位置を整理した。(表 2-1)

(2) 噴出物量の修正

貞観溶岩の噴出物量は平成 16 年版報告書では宝永噴火と同規模の 7 億 m^3 とされていたが、その後のボーリング調査(千葉ほか, 2010)により 13 億 m^3 と見積もられたため、大規模な溶岩流の最大噴出物量を 13 億 m^3 に修正した。

また、須走-b 期以降(過去 5600 年間)の各噴火の噴出物量は、石塚ほか(2021)に従っている。

(3) 鷹丸尾火砕流

山梨県富士山科学研究所の調査により、富士山北東の山麓で鷹丸尾溶岩の下位に新たな火砕流堆積物が確認された(馬場ほか, 2018)。火砕流発生時期は、古地磁気を使用した溶岩年代推定法および火砕流下部に含まれる炭化木片の放射性炭素年代測定から西暦 600～630 年頃であり、地上に露出している火砕流堆積物の体積は約 1,240 万 m^3 (平均断面法による概算)とされている。火砕流発生地点は、吉田口下山道～須走ルート付近と推定されるが、特定には至っていない(図 2.2-2)。

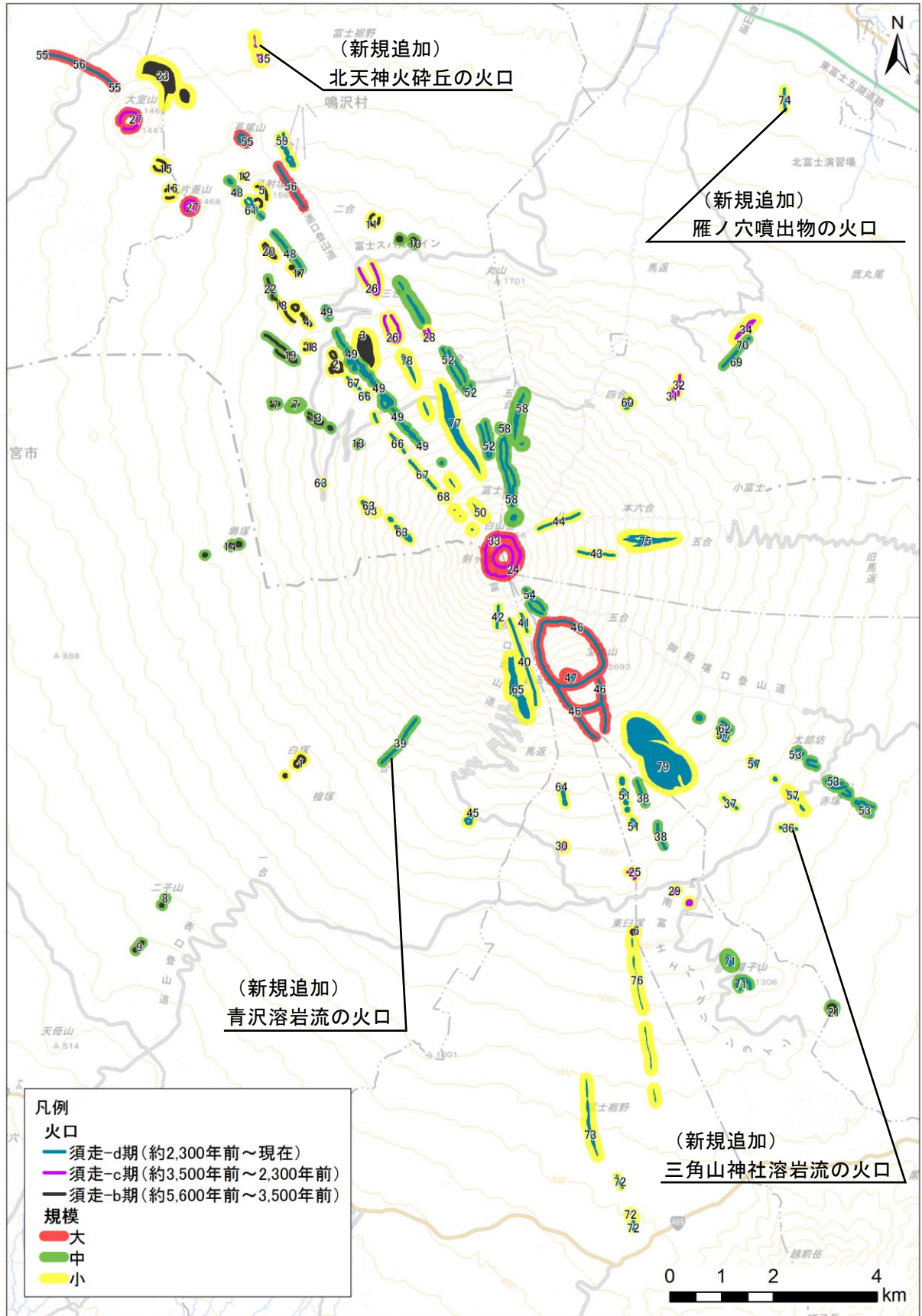


図 2.2-1 噴火年代・噴火規模で区分した富士山の実績火口位置

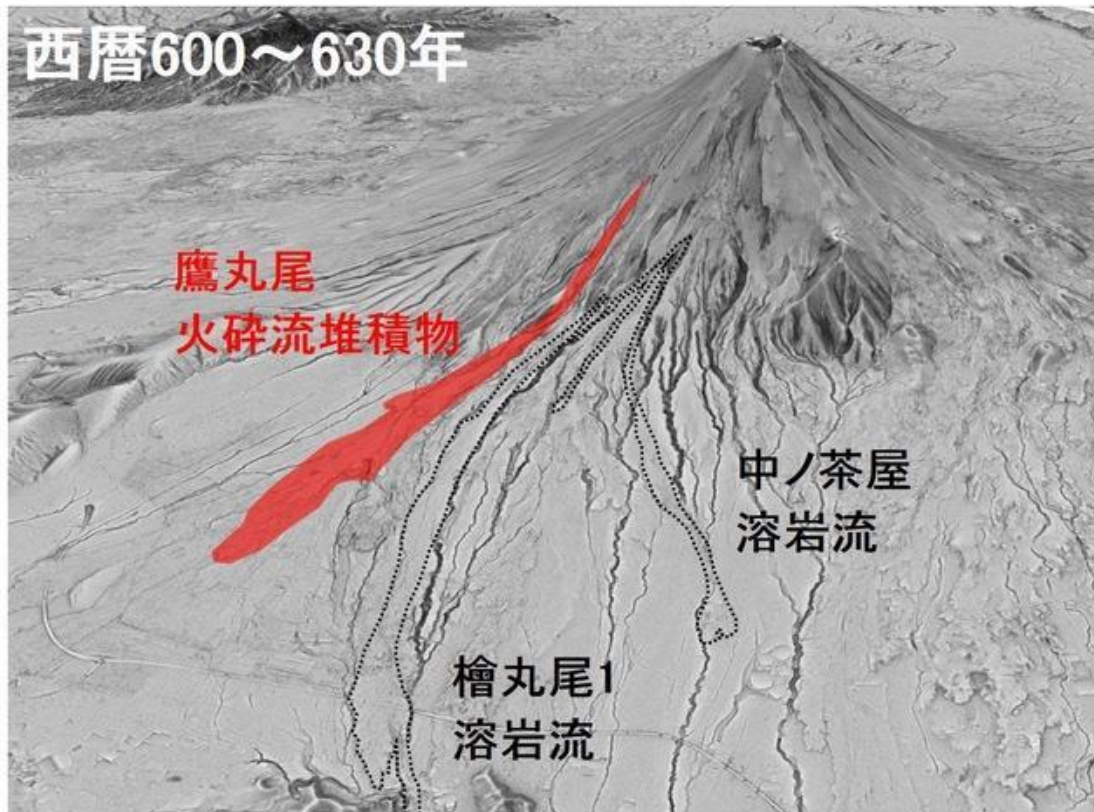


図 2.2-2 鷹丸尾火砕流発生前後で推定される噴火の推移

(山梨県富士山科学研究所提供資料より)

2.3 山体崩壊の実績図

富士山では約 20,000 年前には田貫湖岩屑なだれ（図 2.3-1）及び馬伏川岩屑なだれ（詳細な分布範囲は未確定）が発生した。また、約 2,900 年前に御殿場岩屑なだれ（図 2.3-2）が発生しており、山体崩壊による大規模な岩屑なだれが過去 2 万年間で 3 回確認されている（高田ほか，2016）。

一般に規模の小さな山体崩壊ほど発生頻度が高く、国内外においては噴火だけでなく地震が引き金となって発生した事例がある。このため、過去に発生した実績があり、今後も富士山で山体崩壊が発生する可能性があるため、ここではその実績図を掲載することによりリスクを周知する（流下方向を限定しない複数実績を示すため、年代は約 2 万年前までに遡る）。

なお、山体崩壊は、以下の理由により将来の発生箇所や規模、流下方向を防災上十分なリードタイムをもつて的確に把握することができないため、富士山において山体崩壊の有効なハザードマップを作成することは現時点で困難である。

（富士山における山体崩壊についての知見の現状と、有効なハザードマップが作成困難である理由）

- ・ 一般に、山体崩壊の発生要因としては、高粘性マグマの貫入、爆発的な噴火、地震の 3 つが考えられる。御殿場岩屑なだれについては南西山麓で発生した地震との連動が指摘されているが、富士山で起きた山体崩壊がいずれの要因によるものかは確定できていない。また、高粘性マグマの貫入の場合、山体の変形など崩壊に先立つ現象が観測されているが、地震が原因の場合は、崩壊に先立つ現象の観測が見込めない。
- ・ 溶岩流などの発生頻度の高い現象に比べて、富士山における山体崩壊の事例はごく限られているため、パターン化が困難である上、火山体内部の変質帯や弱線構造など崩壊しやすい場所が特定できていない。

（図 2.3-1 及び図 2.3-2 の補足説明）

- ・ 推定崩壊壁の位置は、不確実性が高いことに留意。
- ・ 馬伏川岩屑なだれは、その発生事実は確認されているが、詳細な分布範囲が未確定のため図示できない。
- ・ 田貫湖岩屑なだれ、馬伏川岩屑なだれ及び御殿場岩屑なだれの大部分は、星山期の古い山体が崩壊したものであり、現在の山頂を作っている火山体が崩壊したわけではない。このことから、現在の急峻な山体も今後崩壊する危険性があることを認識しておかなければならない。
- ・ 田貫湖岩屑なだれにおいて、堆積物の伏在部分の到達範囲末端の推定方法として、エネルギーコーンモデルを使用している。
- ・ エネルギーコーンモデルとは、次に述べるエネルギーラインモデルを 360 度回転させて全方位に適用したモデルである。エネルギーラインモデルでは、崩壊物質がスタート地点で持っていた位置エネルギーが岩屑なだれの流走中に少しずつ失われて最終的に位置エネルギーが 0 になって停止すると考え、その減衰率を一定と仮定して停止位置を推定する。その場合、スタート地点から停止位置まで結んだ線がエネルギーの減衰を表す“エネルギーライン”となる。

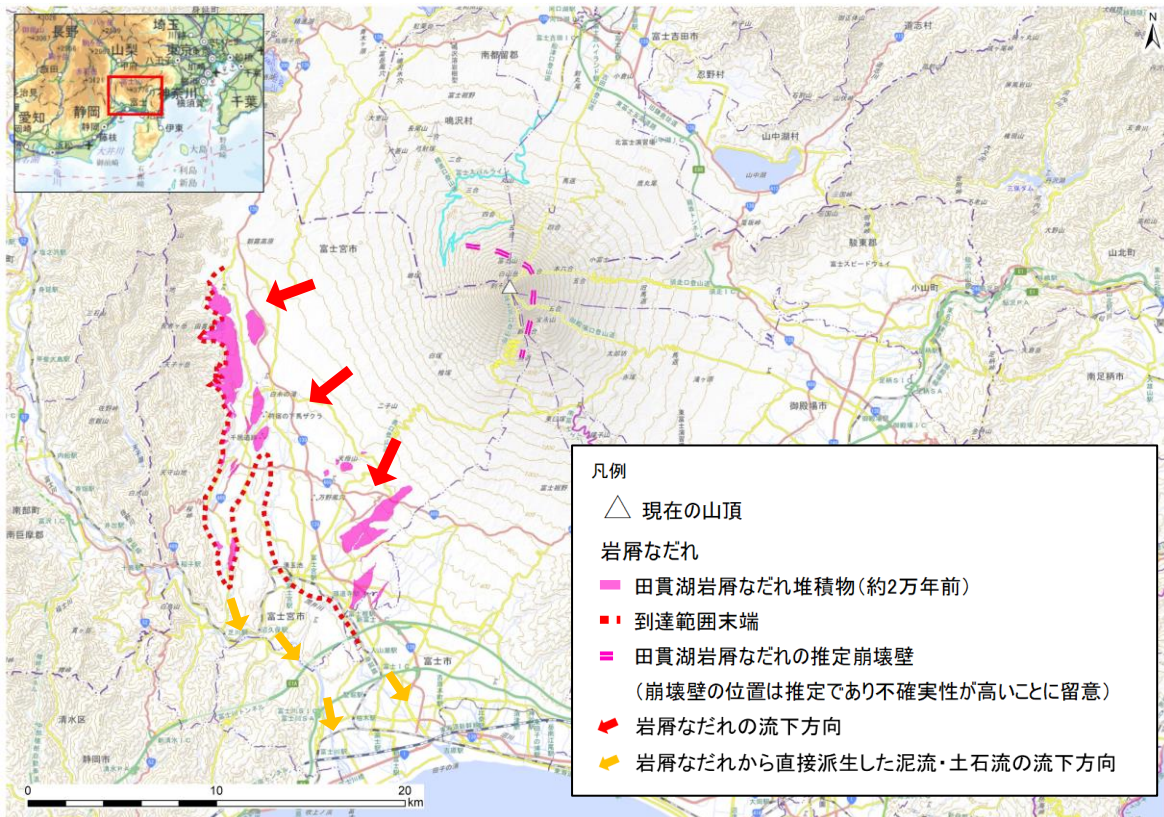


図 2.3-1 田貫湖岩屑なだれ堆積物の分布と推定崩壊壁

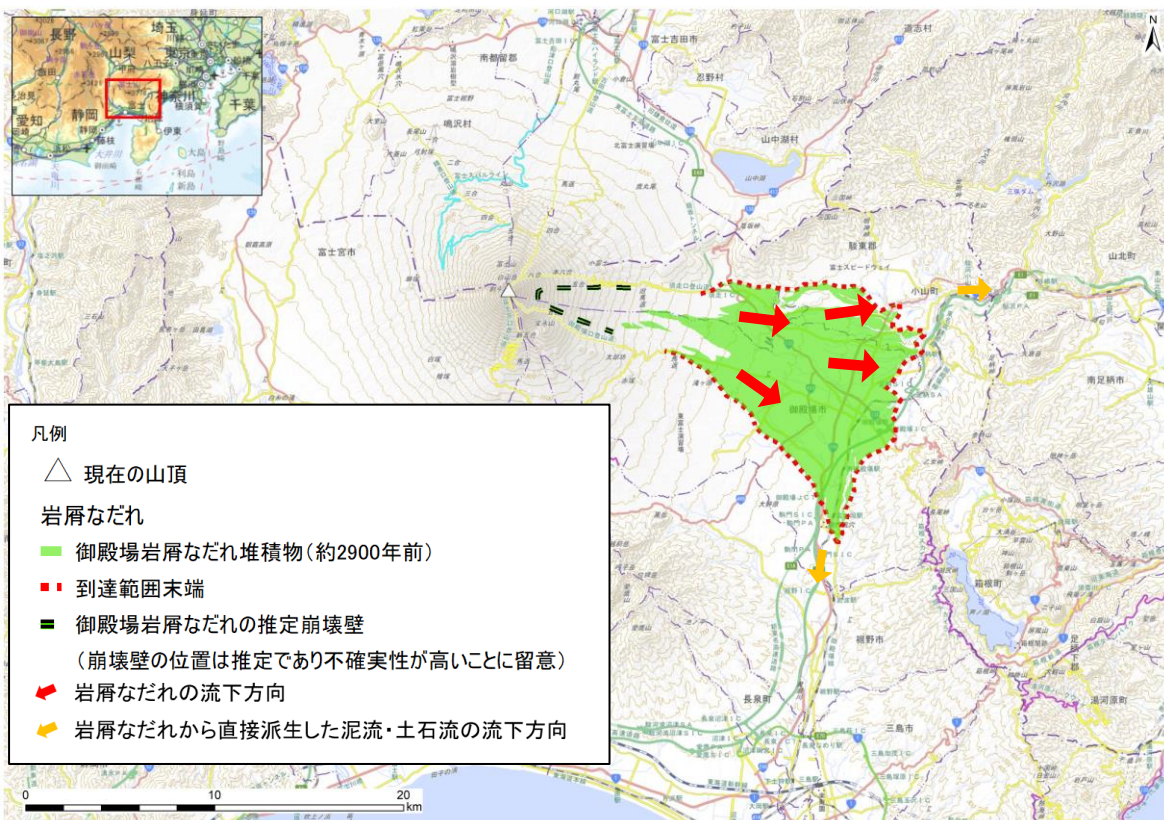


図 2.3-2 御殿場岩屑なだれ堆積物の分布と推定崩壊壁

引用文献

宮地 直道 (1988) 新富士火山の活動史. 地質雑, vol. 94, p. 433-452.

千葉 達朗, 鈴木 雄介, 荒井 健一, 富田 陽子, 小泉 市朗, 中島 幸信, 小川 紀一郎, (2010) 富士山青木ヶ原における貞観溶岩流の計測 ～航空レーザ計測と赤色立体地図による詳細地形調査とボーリング調査～. 砂防学会誌, Vol. 63, No. 1, p. 44-48.

高田 亮・山元 孝広・石塚 吉浩・中野 俊(2016) 富士山火山地質図(第2版). 特殊地質図 12. 産総研地質調査総合センター, 56P.

馬場 章・渋谷 秀敏・内山 高 (2018) 古地磁気学的手法を用いた富士火山. 鷹丸尾火砕流堆積物の噴火推移の解明. 地球電磁気・地球惑星圏学会 2018 年秋講演会 (第 144 回).

石塚 吉浩・山元 孝広・中野 俊・吉本 充宏 (2021) 富士火山、須走期噴出物の噴出量見積もり. 地質調査総合センター研究資料集, no. 715, 産総研地質調査総合センター.

3 ハザードマップ改定の対象

3.1 対象とすべき富士山の噴火年代区分

ハザードマップを作成する際は、噴火史のうち、現在の傾向と類似する、もしくは将来的に起こる可能性のある噴火形態を含む「期」ないし「ステージ」を考慮対象として設定する。今回の改定にあたっては、前節で述べたとおり高田ほか（2016）の噴火史研究に基づく年代区分を参照することにしたが、活火山の定義である過去1万年の間で、特に噴火活動が活発な須走-b期（約5,600年前）以降を考慮対象とした。その理由は次のとおりである。

平成16年版報告書の作成当時、宮地（1988）の新富士火山の5つの活動ステージのうちステージ4とステージ5に対応する約3,200年前以降については噴火のタイプ、火口的位置及び噴火の規模などの特徴が詳細に把握されていた。一方、約3,200年前以前の活動については、火口的位置や噴火規模が十分明らかになっていなかった。また、富士山は現在、宮地（1988）の山腹噴火に特徴付けられるステージ5（約2,200年前以降）の段階にあると考えたが、山頂に近い地域でも噴火していることから、火山防災マップを作成するにあたってはステージ5に加え、山頂噴火が主体的であったステージ4（約2,200年前から約3,200年前）も考慮対象とすることとなった。

高田ほか（2016）は富士山の活動を星山期、富士宮期、須走期に再編した上で、溶岩流の分布や火口の追加・修正を行った。須走a期に当たる約8,000年前～約5,600年前の間（宮地（1988）のステージ2に相当）は火山活動が低調であったことから、現在の須走期の活動が活発化した約5,600年前以降（須走b期以降：宮地（1988）のステージ3以降に相当）を考慮対象とすることにした。

表 3.1-1 平成 16 年版報告書による噴火ステージ区分

年代区分	時期	主な噴火口の位置	噴火の傾向
古富士火山活動期	—	—	—
新富士火山活動期	ステージ1	約 11,000 年前 ～約 8,000 年前	山頂と山腹等 多量の溶岩流の噴出 噴出量は、新富士火山全体の 8～9 割に及ぶ
	ステージ2	約 8,000 年前 ～約 4,500 年前	山頂 溶岩流の噴出はほとんどなく、間欠的に比較的小規模な火砕物噴火
	ステージ3	約 4,500 年前 ～約 3,200 年前	山頂と山腹等 小・中規模の火砕物噴火や溶岩流噴火
	ステージ4	約 3,200 年前 ～約 2,200 年前	山頂 比較的規模の大きい火砕物噴火が頻発
	ステージ5	約 2,200 年前～	山腹等 火砕物噴火と溶岩流噴火



表 3.1-2 今回の改定による噴火年代区分

年代区分	時期	主な噴火口の位置	噴火の傾向
星山期	約 10 万年前 ～約 17,000 年前	—	爆発的噴火 複数回の山体崩壊 ^{※3}
富士宮期	約 17,000 年前 ～約 8,000 年前	—	溶岩の大量流出
須走期	須走-a 期	約 8,000 年前 ～約 5,600 年前	(静穏期) 小規模な火砕物の噴出 (富士黒土層 ^{※4} の主要部分形成)
	須走-b 期	約 5,600 年前 ～約 3,500 年前	山頂と山腹 溶岩の流出、火砕流の発生 (現在の円錐形の火山体の形成)
	須走-c 期	約 3,500 年前 ～約 2,300 年前	山頂と山腹 爆発的噴火、火砕流の発生 山体崩壊 ^{※3}
	須走-d 期	約 2,300 年前 ～現在	山腹 溶岩の流出 爆発的噴火(宝永噴火)

※1 表中の赤枠は対象とすべき富士山の噴火年代区分を示す。

※2 噴火年代区分の須走期等の名称は模式地の地名による。

※3 山体崩壊の発生の要因は複数あり、噴火によるものか否かは特定できていない。

※4 火山灰があまり降らなかったことにより、植物が茂りそれが腐ってできる黒土(腐植土)に富む地層。

3.2 噴火規模の区分と発生回数

富士火山地質図第2版を元に既往論文の整理や図上の概算を行い、5,600年前以降の噴出物について火口が特定されていないものも含めて噴出物量を設定した。

富士山の噴火規模については、平成16年版報告書と同様に、2,000万 m^3DRE 以下を小規模噴火、2,000万 m^3DRE ～2億 m^3DRE を中規模噴火、2億～13億 m^3DRE を大規模噴火とした。

なお、過去の噴火では96%が小規模噴火あるいは中規模噴火であり、大規模噴火の全噴火に占める事例比率は約4%程度であるが、次の噴火が頻度の高い小・中規模噴火になるとは限らず、頻度の低い大規模噴火になる可能性もある。

①小規模噴火	噴出量	～2,000万 m^3DRE	事例：大淵丸尾溶岩、雁ノ穴丸尾溶岩
②中規模噴火	噴出量	2,000万～2億 m^3DRE	事例：剣丸尾第1溶岩、檜丸尾第1溶岩
③大規模噴火	噴出量	2億～13億 m^3DRE	事例：青木ヶ原溶岩

※DRE：噴出物から空隙を抜いた、マグマ換算した体積

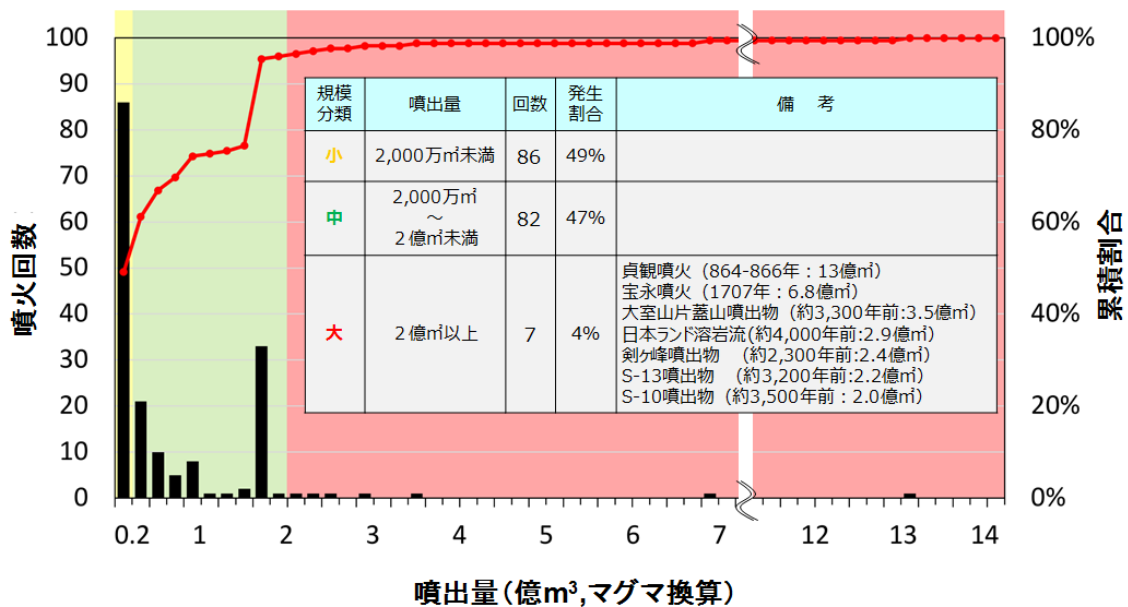


図 3.2-1 過去5,600年間の各噴火の噴出量と噴火回数
(石塚ほか(2021)の噴出量をもとに作成)

今回の富士山ハザードマップ改定では、2章で得られた最新の知見に基づき、想定火口範囲、溶岩流と火砕流のハザードマップを改定する。また火砕流の改定および積雪量に関するデータの蓄積（4.4で後述）に伴い、融雪型火山泥流のハザードマップも改定する。

大きな噴石については新たな知見は得られたわけではないが、想定火口範囲を改定したことから影響範囲を改定する。また山体崩壊による岩屑なだれは現時点でハザードマップ作成が困難であるため、富士火山地質図第2版に基づき実績図を改定した。

降灰後土石流については、各都道府県により土砂災害防止法に基づいて土砂災害についての基礎調査が進められ、2020年3月に完了したことから、現時点での最新の情報を用いて、降灰後土石流のハザードマップを改定した。

降灰（小さな噴石を含む）については2020年4月に中央防災会議防災対策実行会議大規模噴火時の降灰対策検討ワーキンググループにおいて、宝永噴火規模の噴火で風向きが異なる3ケースの影響範囲が示されているが、あくまで降灰による首都圏への影響を検討するためのモデルケースであるため、今後の検討により改定することとした。

<http://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/index.html>

① 新たな知見が得られたため、ハザードマップを改定する現象

想定火口範囲、溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流

② 想定火口範囲の改定に伴い影響範囲を改定する現象

大きな噴石

③ 新たな知見に基づき、実績図を改定する現象

岩屑なだれ

④ 土砂災害についての基礎調査完了に伴い、ハザードマップを改定する現象

降灰後の土石流

今回は改定の対象とせず、今後の検討により将来改定する現象

降灰（小さな噴石を含む）

新たな知見がなく、検討の対象としなかった

せつでいりゅう
雪泥流

引用文献

高田 亮・山元 孝広・石塚 吉浩・中野 俊（2016） 富士火山地質図（第 2 版）及び解説書. 特殊地質図 1 2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

宮地 直道（1988） 新富士火山の活動史. 地質学雑誌, vol. 94, p. 433-452.

石塚 吉浩・山元 孝広・中野 俊・吉本 充宏（2021） 富士火山、須走期噴出物の噴出量見積もり. 地質調査総合センター研究資料集, no. 715, 産総研地質調査総合センター.

4 ハザードマップの作成手法

富士山ハザードマップを作成するために、ハザードとなる現象ごとに影響範囲を想定した。火口範囲は火口が形成される可能性がある範囲を、実績から噴火規模ごとに想定した。溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流については現象の規模・噴出率、その他の物理定数などを設定し、物理モデルに基づく数値シミュレーションを実施し、影響範囲を想定した。なお、これらの諸条件は、過去の実績などから設定したものであり、設定条件が変わればそれに応じて結果も変わる可能性がある。

4.1 想定火口範囲

富士山の火口は広い範囲に分布し(図 2.2-1)、次に起こる噴火でどこに火口が生じるかは分からないため、これまでに噴火した火口(実績火口)とその関係性や地質調査の状況にもとづき、火口が今後生じる可能性が高い範囲を「想定火口範囲」として設定する。想定火口範囲は、実績火口(1)とそれから求められる想定火口線(2)、実績火口の火口間距離の検討にもとづく想定火口範囲(3)、山頂付近の伏在火口を考慮した想定火口範囲(4)をもとに設定した。以下、これらの設定方法について解説する。

(1) 実績火口

「3.1 対象とすべき噴火年代区分」を元に、最近約5,600年間の噴火で生じた火口を実績火口とする。富士山の最近約5,600年間の火口は、山頂を中心とする半径13kmの広い範囲に分布し(図 2.2-1)、特に山頂を通る北西—南東および北東—南西方向に集中する傾向がある。

また、これらの火口のほとんどは、割れ目火口を形成しており、長いもので総延長5kmを超えるものもある。

(2) 実績火口と山頂を結ぶ想定火口線

山頂火口以外の実績火口は、概ね山腹から山麓にかけて断続的に火口が連なる割れ目火口である(図 2.2-1)。これらの割れ目火口の下には火道(岩脈)が存在し、火道(岩脈)は、マグマ溜まりから山頂に続く中心火道から分岐して伸びてきていると考えられている。

そのため、山頂から各火口の中心までを結んだ線を潜在的な割れ目火口として取り扱い、「想定火口線」として示した。(図 4.1-1)

(3) 火口間距離の検討にもとづく想定火口範囲の設定

前述のように富士山の火口は、山頂を通る北西—南東および北東—南西方向に集中する傾向があり、将来の噴火も集中域とその周辺のどこかで起きる可能性が高いと考えられる。そこで、この集中域をある程度の距離をもって包絡し、

今後起きる噴火の想定火口範囲を求めることとした。

この包絡線を客観的な基準をもって引くため、まず約 5,600 年前以降の実績火口間の距離を検討したところ、その最短距離は概ね 1 km 以内であることがわかった(図 4.1-2 及び図 4.1-3)。そこで今後の火口も既存の火口から 1 km 以内に生じる可能性が高いと考え、実績火口中心ならびに想定火口線の周囲 1 km を包絡線として囲み、その内側を「火口間距離の検討にもとづく想定火口範囲」とした。

(4) 山頂付近の伏在火口を考慮した想定火口範囲の設定

山頂周辺は、降下火砕物が厚く堆積しているため未知の火口が埋まっている可能性がある(伏在火口)。この可能性を考慮し、山頂から半径 4 km 以内の全域を、中規模噴火及び小規模噴火の「山頂付近の伏在火口を考慮した想定火口範囲」とした(図 4.1-4)。

例えば、中規模噴火の産物で火口が特定されていない鷹丸尾溶岩流も、この半径 4 km 内から噴出したことが確実である。なお、大規模噴火の火口は全て特定されており、半径 4 km を想定火口範囲には追加しない。

(5) 新たに想定した「想定火口範囲」

(3)「火口間距離の検討にもとづく想定火口範囲」に(4)で設定した「山頂付近の伏在火口を考慮した想定火口範囲」を重ね、その外周を結んだ範囲を今後噴火する可能性のある領域として設定し、「想定火口範囲」と表現した。想定火口範囲は、大・中・小の噴火規模ごとに作成した(図 4.1-5)。平成 16 年版報告書の想定火口範囲と比較すると、今回の想定では小規模で北東方向に大きく張り出し、中規模で南西方向に大きくはり出す結果となった(図 4.1-6)。

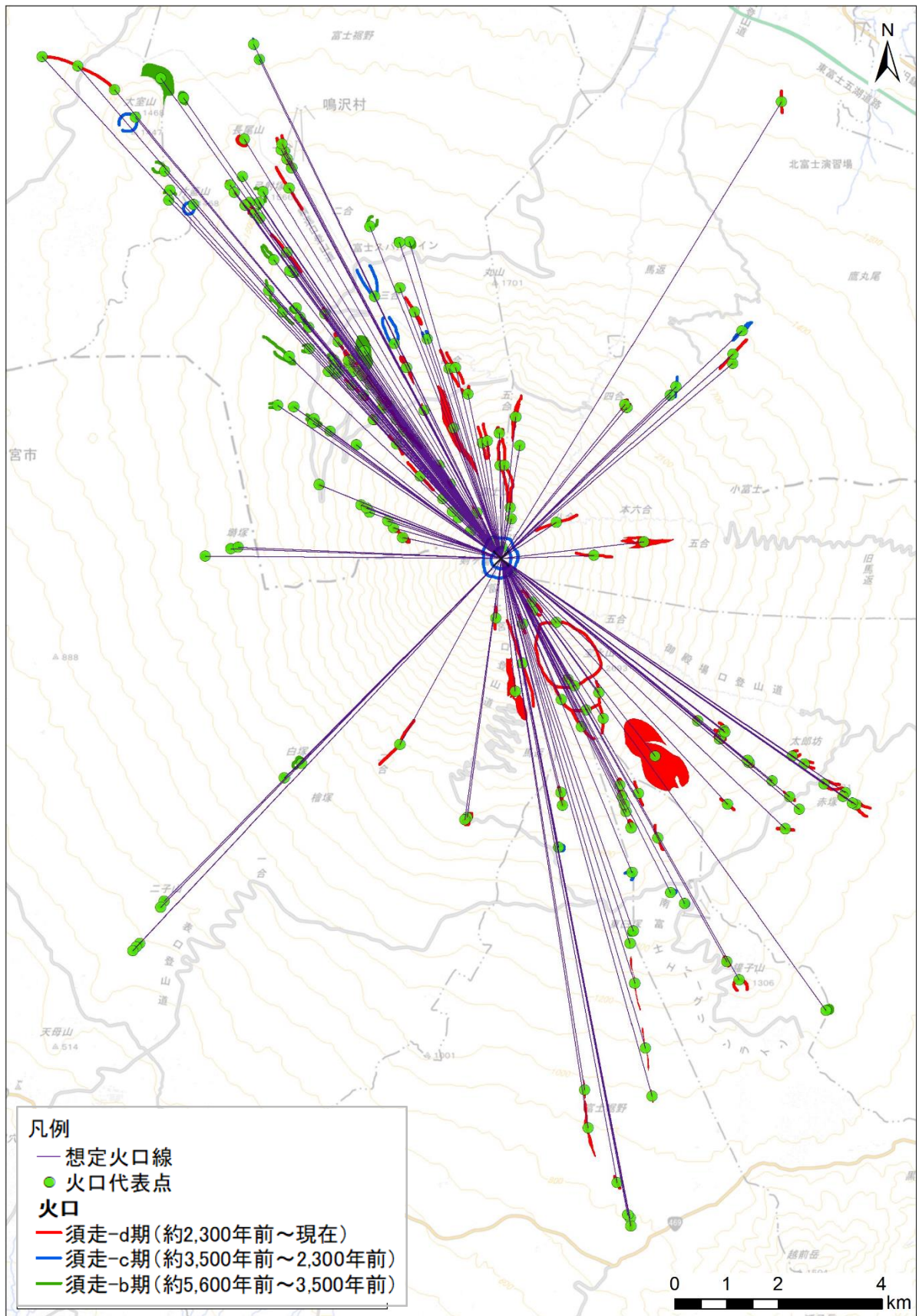


図 4.1-1 実績の火口位置および想定火口線

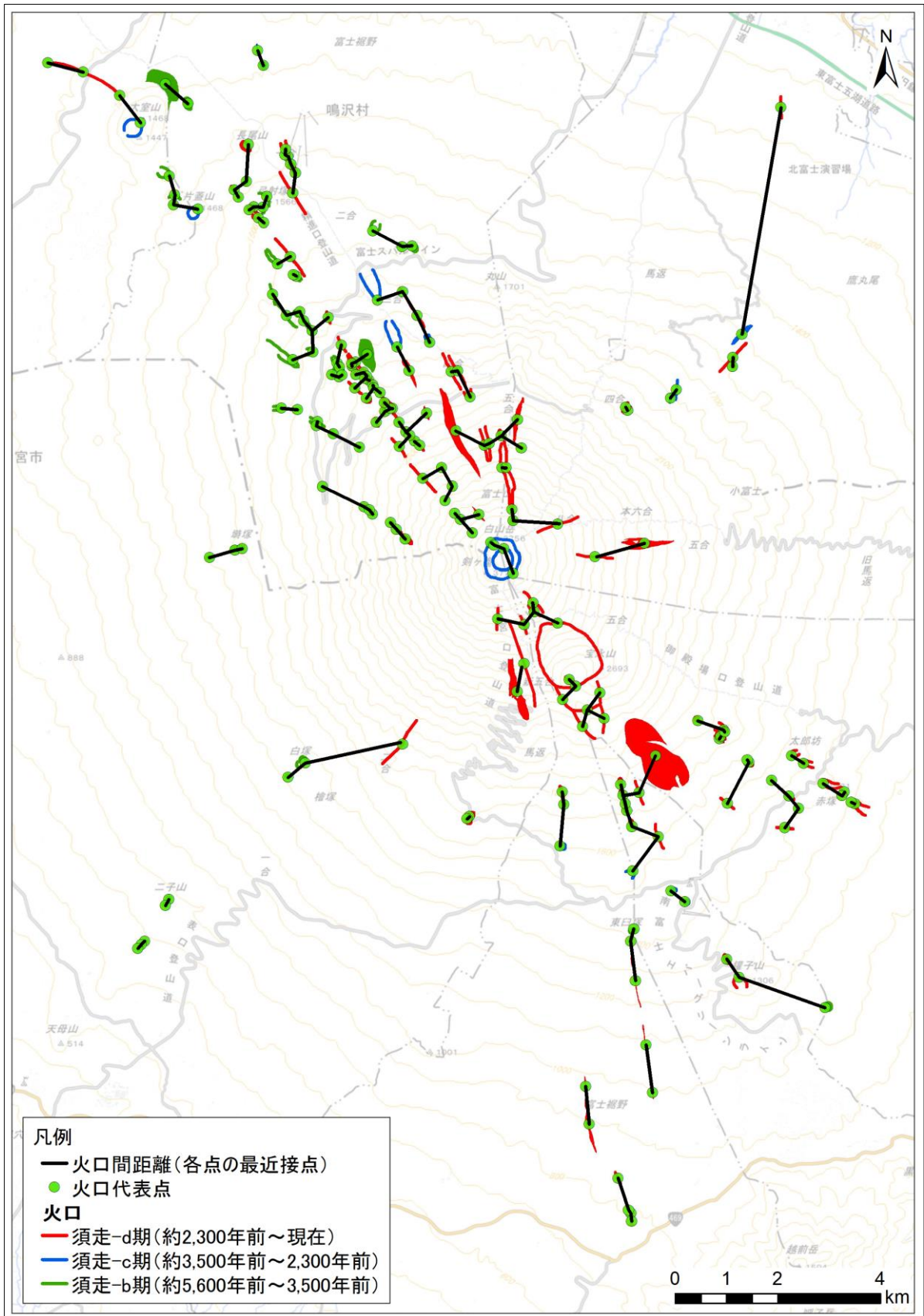


図 4.1-2 実績火口間の距離

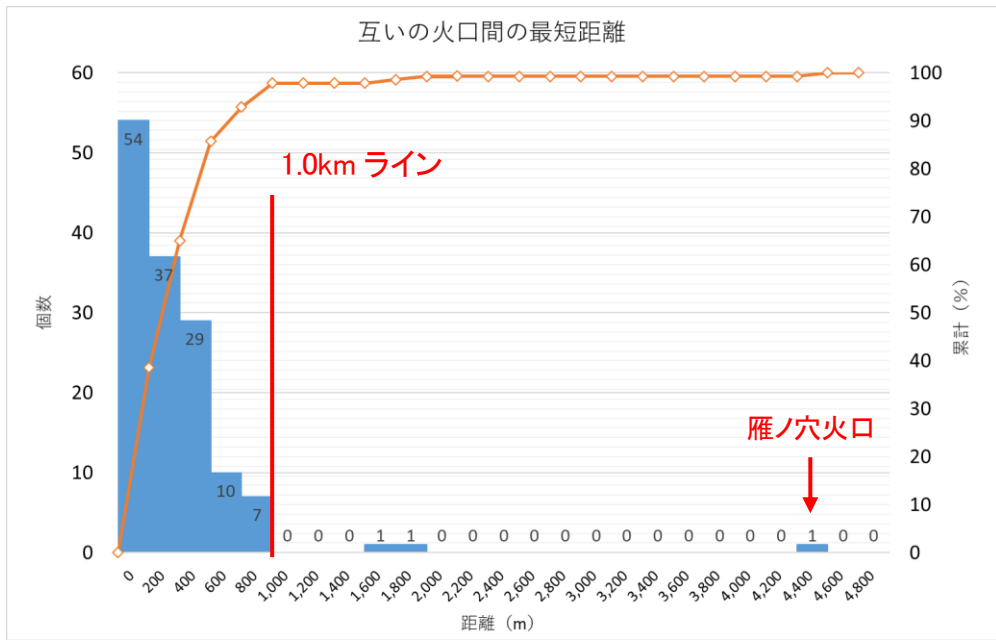


図 4.1-3 実績火口中心間の最短距離と個数

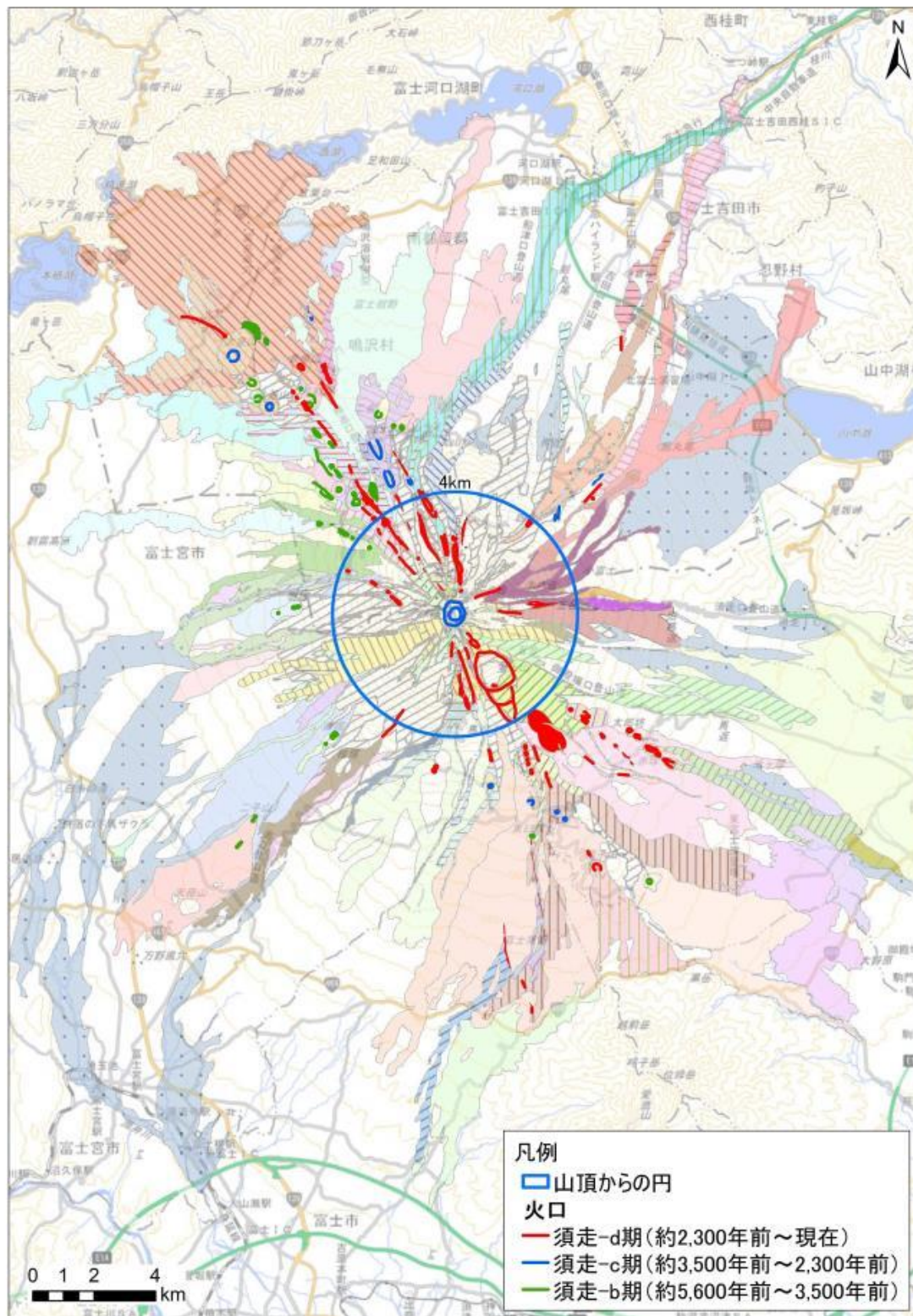


図 4.1-4 火口及び噴出物の分布、山頂から半径 4 km の円
 (背景図は、富士山火山地質図(第2版)(高田ほか, 2016)を元に作成)

(6) 想定火口範囲

(1)～(3)を基に実績火口中心、及び想定火口線から外側1kmの外周を結んだ範囲を噴火する可能性のある領域として“想定火口範囲”と表現した。想定火口範囲は大・中・小規模ごとに作成した。

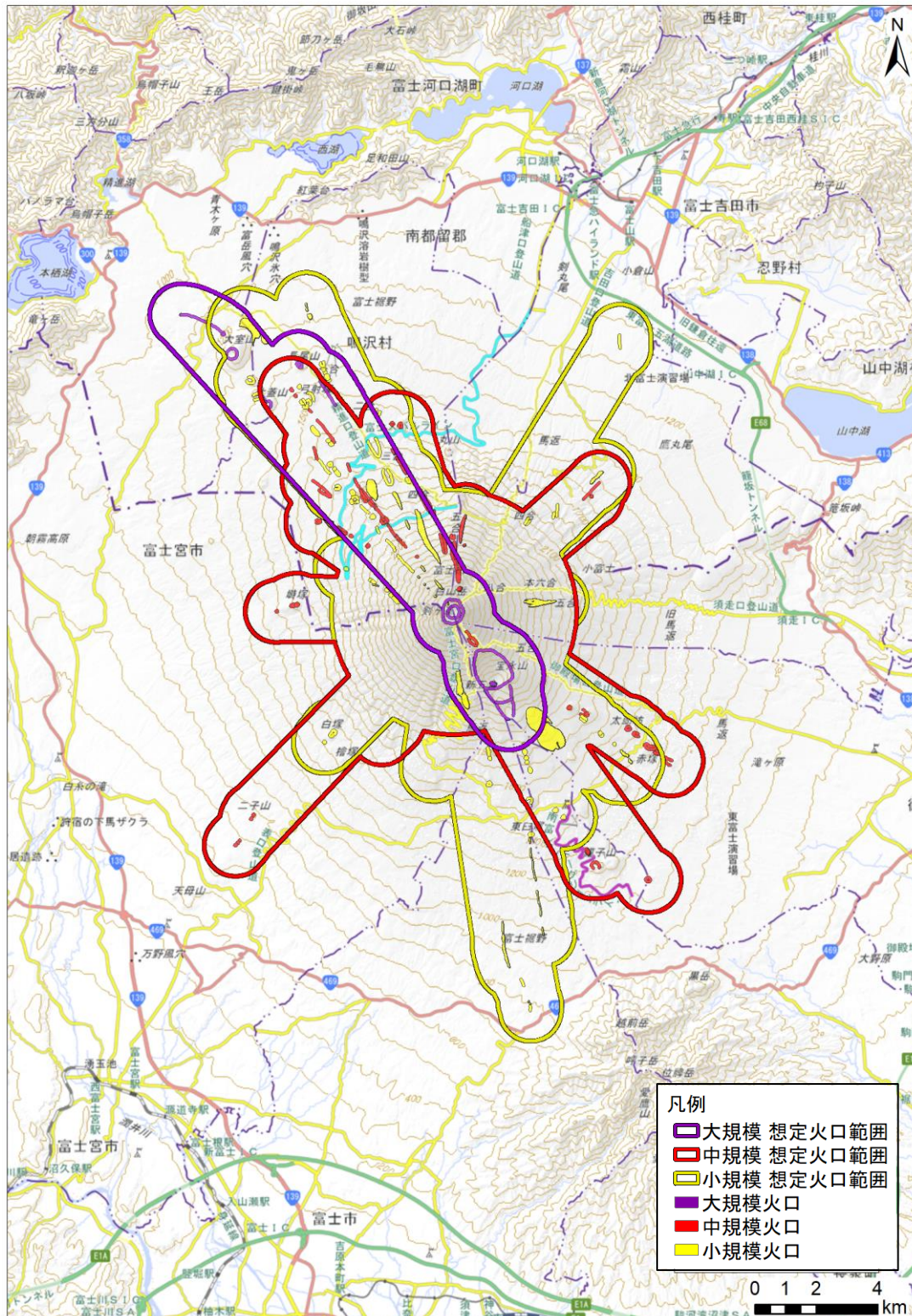


図 4.1-5 規模ごとの実績火口位置と想定火口範囲

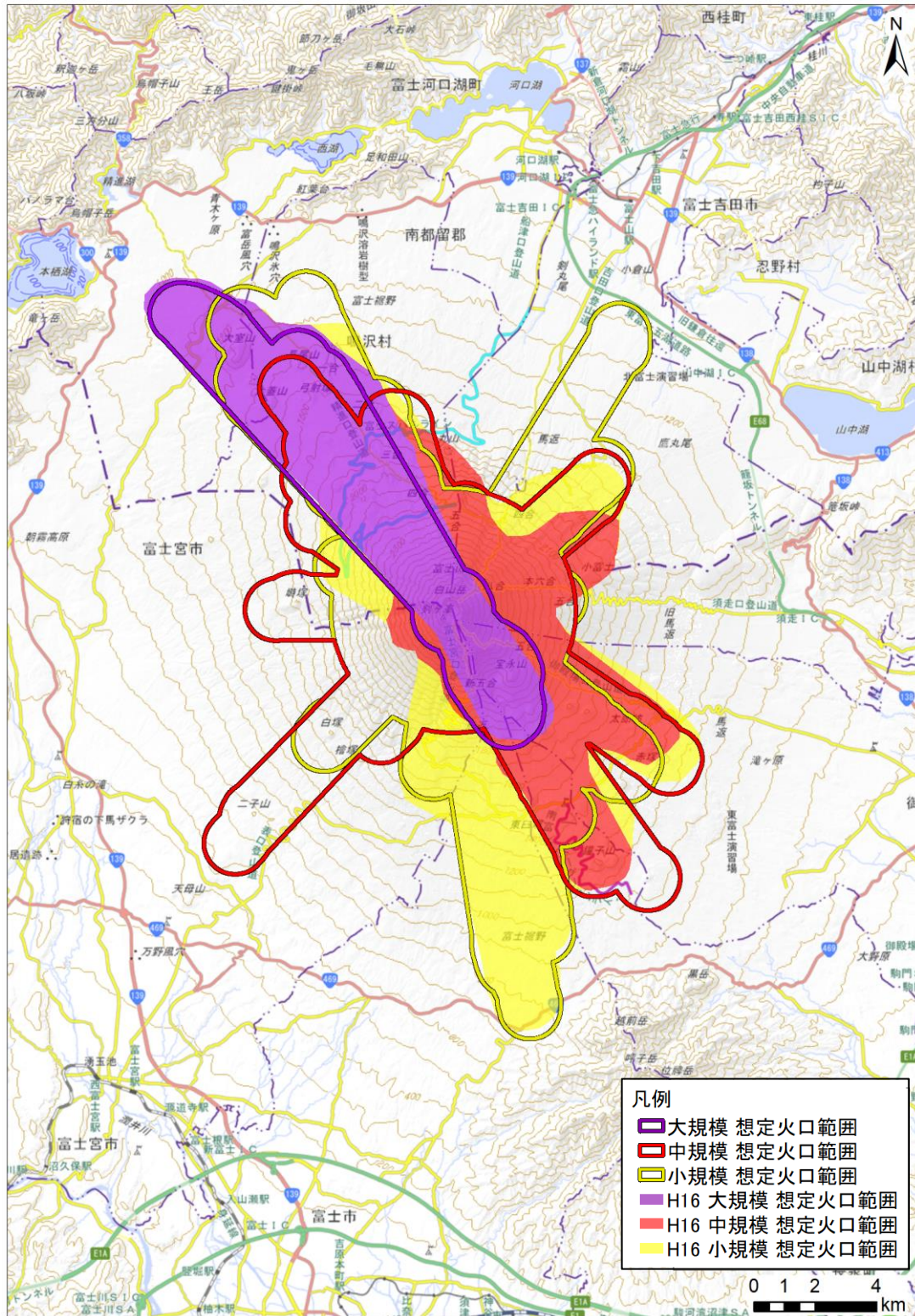


図 4.1-6 平成 16 年版報告書と想定火口範囲の比較

引用文献

高田 亮・山元 孝広・石塚 吉浩・中野 俊（2016） 富士山火山地質図（第2版），
特殊地質図 12，産総研地質調査総合センター，56P.

4.2. 溶岩流のシミュレーション

(1) シミュレーションモデル

溶岩流のシミュレーションは、2004年の富士山ハザードマップ検討時にも用いられた、流れをビンガム流体とし流下していく過程において熱放射によって粘性やせん断降伏応力が増加することで流れにくくなって停止するというモデル（山下ほか、1990）を用いた。このうち、熱放射については、石原ほか（1988）や Miyamoto and Sasaki（1998）の研究成果を適用している。

シミュレーションプログラムは（一財）砂防・地すべり技術センターにより開発され、上記モデルを採用した高速化 J-SAS 溶岩流プログラムを用いた。

(2) 想定する溶岩流規模

想定溶岩流規模は 3.1 で設定した噴火規模区分ごとに、それぞれの最大値（大規模：13 億 m^3 、中規模：2 億 m^3 、小規模 2,000 万 m^3 ）を噴出総量として設定した。

(3) パラメータの設定

数値シミュレーションを実施する上で設定するパラメータは、基本的に平成 16 年版報告書の値を踏襲したが、以下の点については新たな知見および実績に基づき修正した。

【火口直径】

平成 16 年版報告書では、数値シミュレーションに用いるメッシュは 200m であったため、火口＝溶岩流の計算開始点は 1 メッシュ＝200m×200m とし設定していた。今回メッシュ間隔を 20m に変更したことを受けて、火口直径は実績の火口直径が 12～244m であることから 100m×100m とした。これに伴い溶岩流の計算開始点は 5×5＝25 メッシュ（100×100m）とし、各規模の噴出レートを 25 メッシュ内に均等に配分し（噴出レートの 1/25 を各メッシュに与え）て計算を開始した。

【噴出レート】

貞観噴火について記載されている「日本三代実録」によると、貞観溶岩の大部分は 2 ヶ月間にわたり噴出していたことがうかがえる。（富士山の歴史噴火総覧）（小山，2007）。そこで大規模噴火の噴出レートは 13 億 m^3 / 60 日間から 300 m^3 /s と設定した。

【冷却効率パラメータ】

数値シミュレーションは前述したように熱放射により温度が低下することにより流れにくくなるモデルであり、溶岩流の放射率が到達範囲に大きな影響を与える。石原ほか（1988）では 1986 年伊豆大島の噴火を例に、放射率

を 0.9 と設定している。しかしながら流動中の溶岩流表面を低温の溶岩岩塊が被覆するが、内部の溶岩は高温で流動性が高く溶岩トンネルを形成する場合など、放射率は溶岩のマグマ組成や流下状況によっても異なると考えられる。そのため平成 16 年版報告書では、富士山の溶岩流実績（剣丸尾第 1 溶岩、檜丸尾第 1 溶岩、印野丸尾溶岩、鐘子山溶岩、大淵丸尾溶岩）を対象に再現計算を行い、放射率に掛ける係数として冷却効率パラメータを 0.024 として設定している。

今回は数値シミュレーションに用いるメッシュ間隔を 200m から 20m に変更したことを受けて、再度富士山の溶岩流実績を対象に再現計算を行った。その際、噴火前の地形を再現するために各溶岩の噴出総量を面積で除した平均厚さを参考に縦横断の地形を見ながら、地表からの剥ぎ取り（標高値を下げる）を行いなめらかな山腹斜面となるよう調整した。また凹地がある場合には、剥ぎ取りでなく埋める条件となるが、このような場合には、凹地を埋めないものとした。

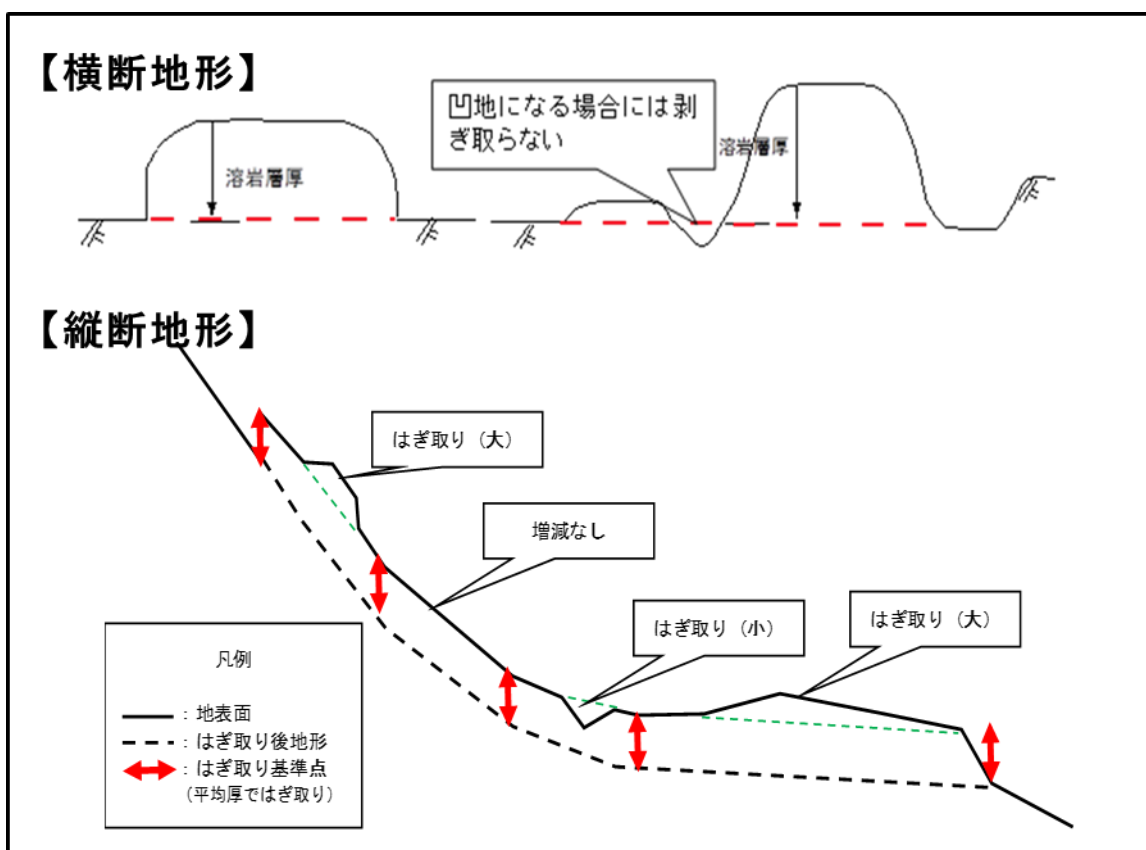


図 4.2-1 噴火前の地形を再現するための地形データの調整イメージ

その結果、冷却効率パラメータを 0.1 とした場合に、数値シミュレーションによる到達距離と実績の到達距離の差の平均が最も小さかったため、この値を採用した。

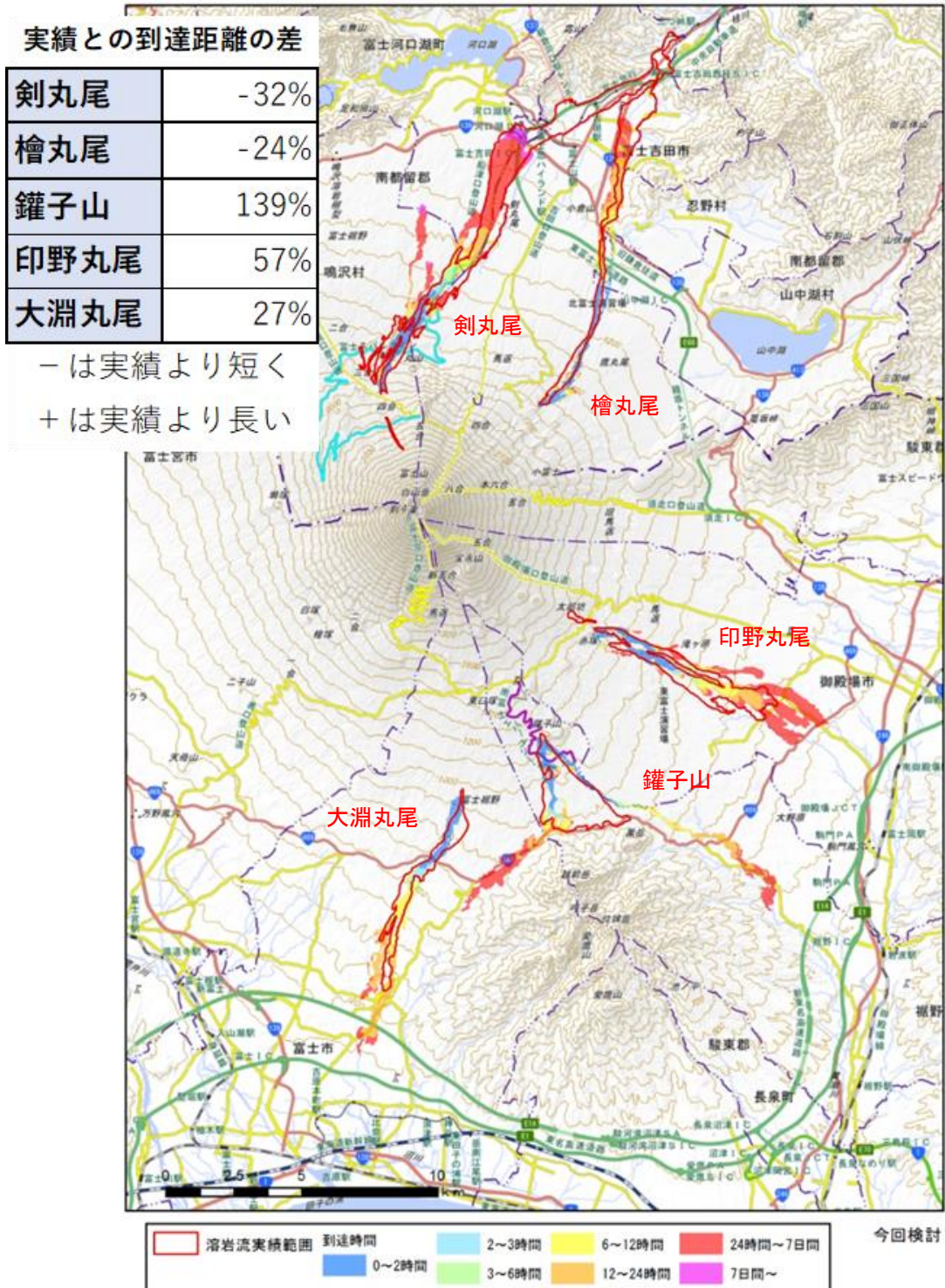


図 4.2-2 冷却効率パラメータ 0.1 の計算結果

また溶岩流に対する防災対応ではその場所に到達する時間が重要であるが、富士山の溶岩流は発生から長い年月が経っており、噴火からどれだけの時間でどこまで到達したのかについての情報は得られない。そのため本モデルに基づいた溶岩流のシミュレーションが到達範囲と流速の双方を適切に算出しているか検証するため、イタリア・エトナ火山の2001年7月から8月にかけての噴火による溶岩流実績を用いて、再現計算を行った。

その結果、エトナ火山の事例では冷却効率パラメータを0.15と設定した場合に、経過日ごとの到達距離を再現することができた。

すなわち、時間ごとの到達範囲は冷却効率パラメータを適切に設定することにより再現できたことから、富士山の過去の溶岩流についても溶岩流シミュレーションプログラムで算出した時間ごとの到達範囲が妥当であることを示しているものと考えられる。

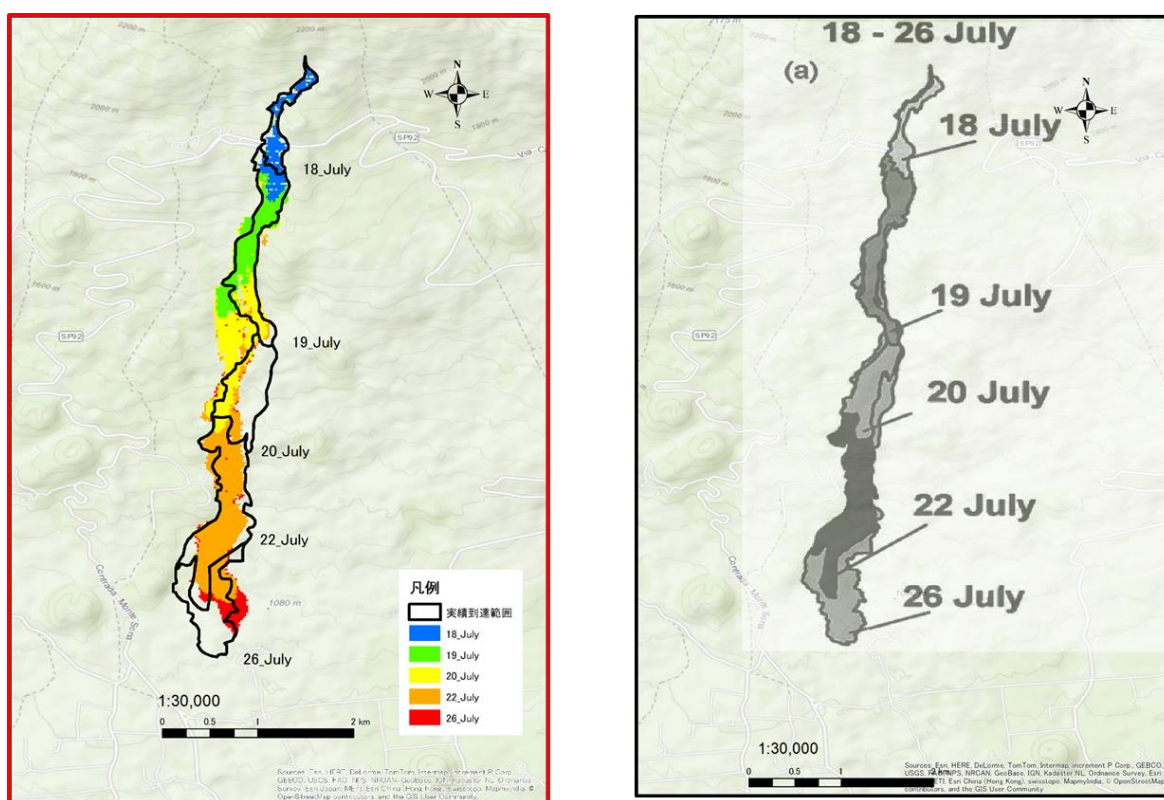


図 4.2-3 エトナ火山での再現計算結果

※左図の黒実線は右の実績 (Cristina Proietti et al., 2009) による日ごとの到達範囲、色がついた範囲はシミュレーション結果による日ごとの到達範囲

その他のパラメータについて平成 16 年版報告書の値を踏襲した。以下にパラメータ一覧を示す。

表 4.2-1 計算パラメータ一覧

パラメータ	今回の値	以前の値	変更理由	平成 16 年度版での 設定根拠
メッシュサイズ	20m	200m	詳細な地形及び大規模な構造物を再現可能	当時の計算性能に依存
火口直径	100m	200m	実績火口より設定	メッシュサイズと合わせた
溶岩温度	1,200°C		—	他火山の実績より
噴出総量				
小規模	2,000 万 m ³	2,000 万 m ³	—	富士山の溶岩噴出量と発生頻度より区分
中規模	2 億 m ³	2 億 m ³	—	
大規模	13 億 m ³	7 億 m ³	貞観溶岩の規模見直し	
噴出レート				
小規模	100m ³ /s	100m ³ /s	—	他火山の実績より 他火山の実績より 貞観溶岩の噴出期間から逆算
中規模	200m ³ /s	100m ³ /s	小と大の中間値	
大規模	300m ³ /s	200m ³ /s	貞観溶岩の規模見直しに伴い	
溶岩密度	2,500kg/m ³		—	既往研究と他火山の実績より
粘性係数	$\log_{10} \eta = 25.61 - 0.0181T$		—	1951 年伊豆大島噴火実績より
降伏応力	$\log_{10} T_Y = 14.67 - 0.0089T$		—	
冷却効率	0.1	0.024	メッシュサイズ変更に伴い、再度再現計算実施	再現計算結果より

(4) 計算開始点の設定

溶岩流の計算開始点は大中小の規模ごとの想定火口範囲の外縁部（下流側）と地形条件から、以下の2つの考え方に基づき規模ごとに設定した。

a) 谷筋を流れて流下幅が狭く流下厚が厚い方が、冷却に寄与する表面積が体積と比べて相対的に小さくなるため冷えにくく溶岩流の流動性が高まり、結果としてより遠方まで届く。そのため20mメッシュからGISで谷地形を検出し、想定火口範囲の外縁部と主な谷地形が交わる点に設定した。

b) 富士山山腹の地形は複雑であり谷地形が不明瞭でどちらに流下するか判別しがたい場所もある。また谷地形のみに計算開始点を設定すると、その他の地点から溶岩流が噴出した際に思わぬ方向に流下する恐れがある。そのため想定火口範囲の外縁部で尾根や山腹斜面となる地点にも設定した。

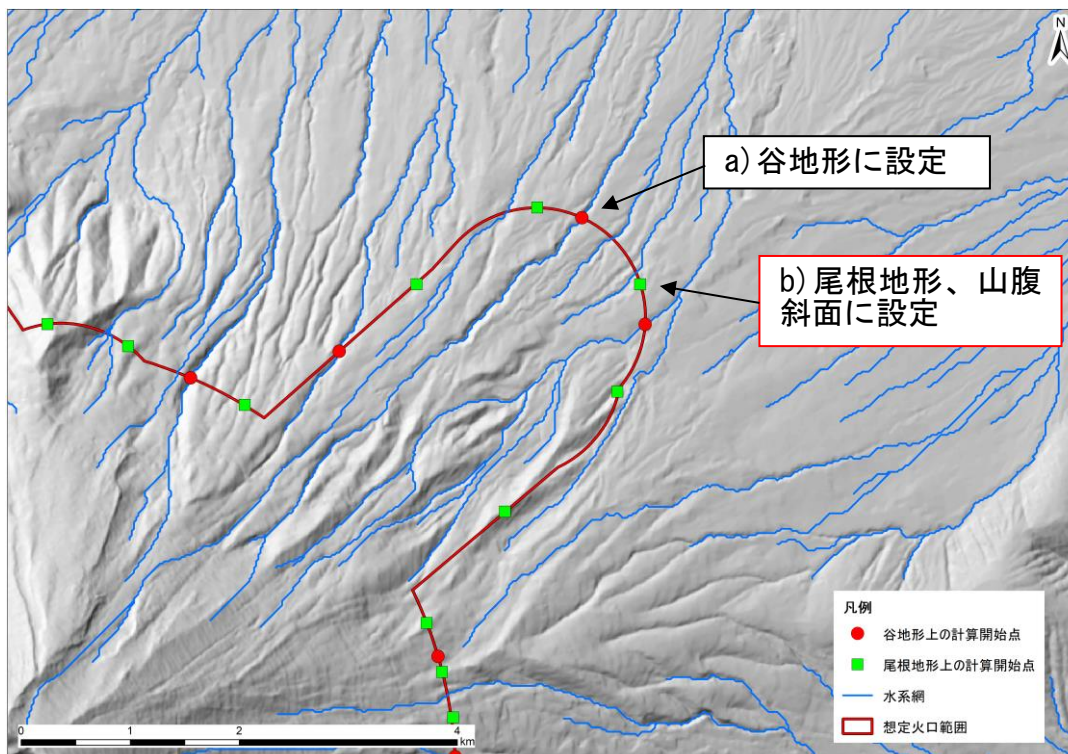


図 4.2-4 計算開始点の考え方

a)とb)2つの考え方により、計算開始点は小規模溶岩は92点、中規模溶岩は91点、大規模溶岩は69点に設定した。

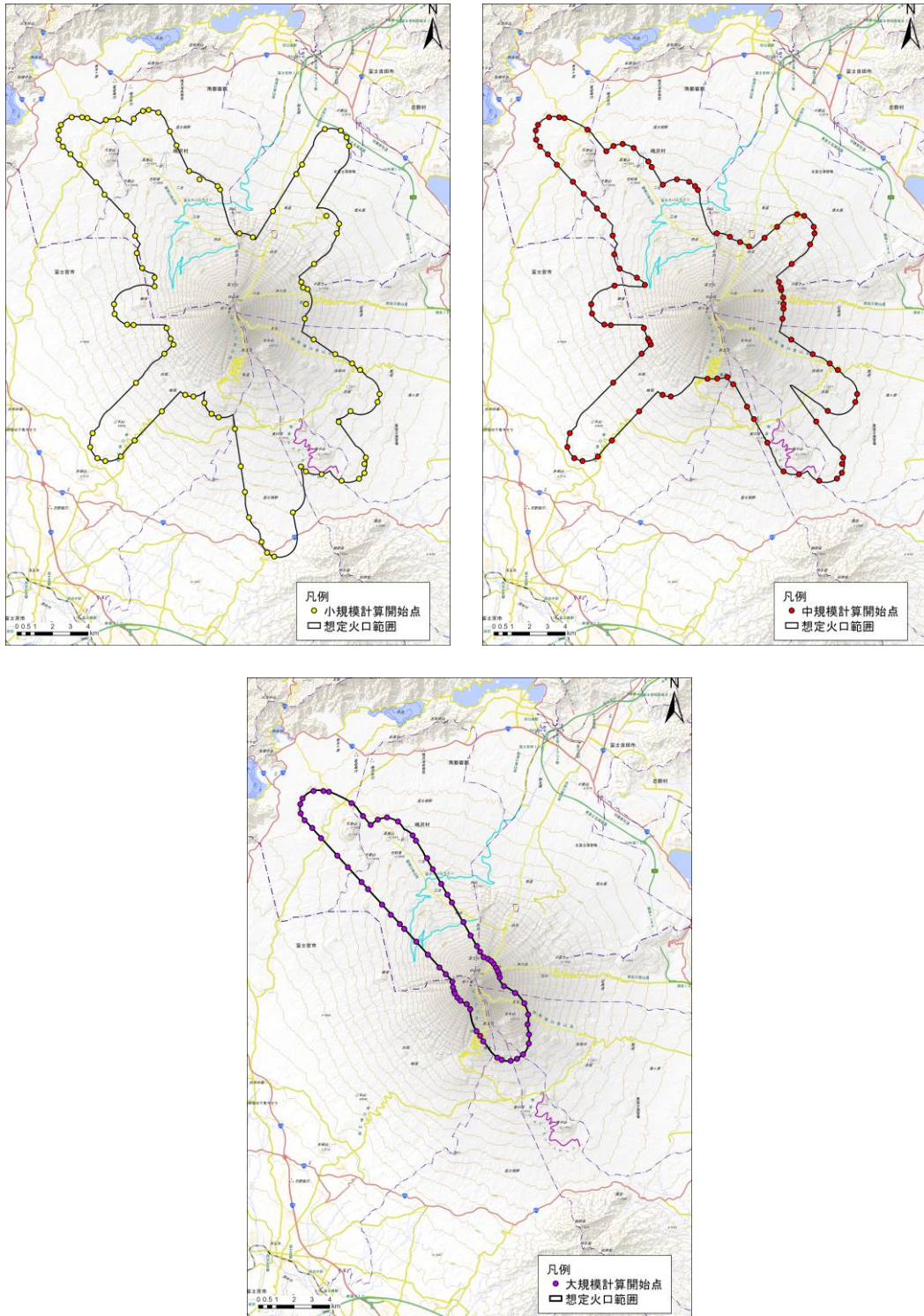


圖 4.2-5 溶岩流計算開始点 (左上：小規模、右上：中規模、下：大規模)

(5) 使用した地形データ

地形データは 1.2 で記述したレーザ航測成果から作成した 20m メッシュ DEM を使用した。ただし中・大規模溶岩は従来のメッシュ範囲よりも下流に流下するため、北東の桂川流域、東の酒匂川流域、南の狩野川流域のレーザ航測データを用いて地形データ (20m メッシュ DEM) を追加した。

また溶岩流が流入する富士五湖および相模湖については、国土地理院「湖沼データ・ダウンロードサービス」および山梨県富士山科学研究所、神奈川県提供データを用い湖底地形を地形データに反映させた。ただし使用したモデルの特性上、放射率および冷却効率パラメータは全メッシュに対して一律に与えているため、湖水による冷却は考慮していない。

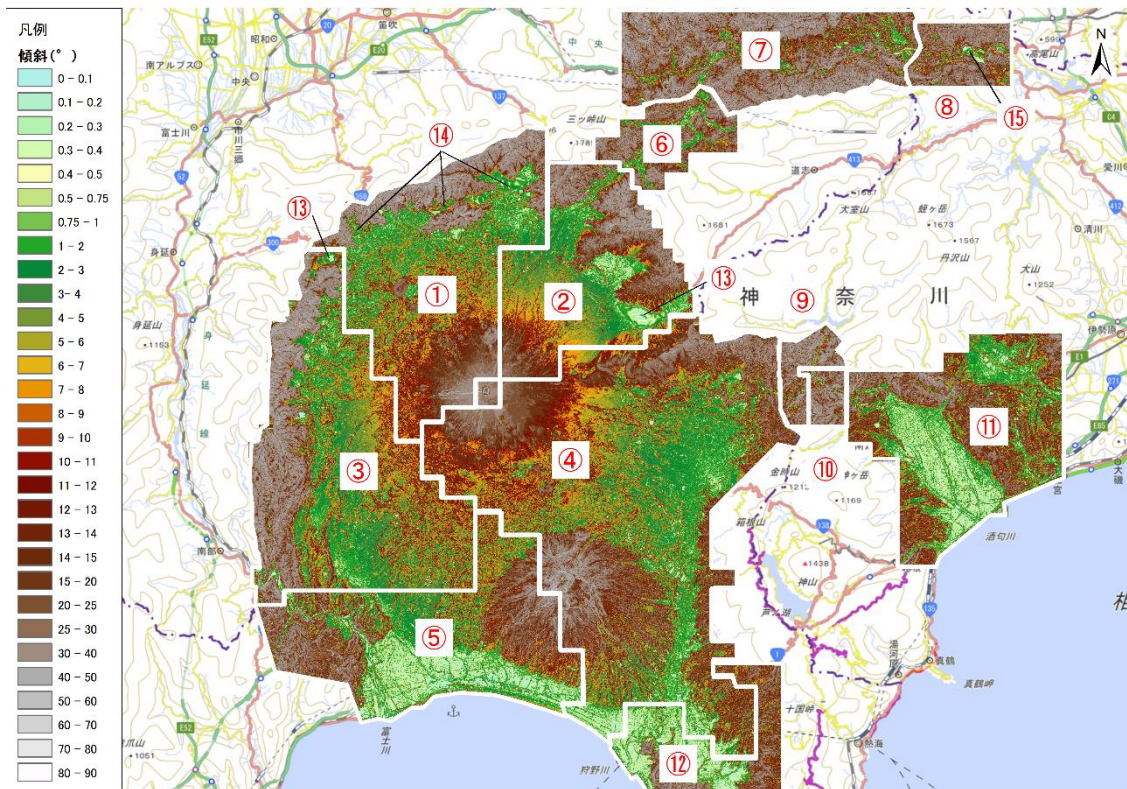


図 4.2-6 追加した地形データ (DEM) の範囲

No.	使用データ
①	平成 25 年度 富士山北部航空測量業務
②	平成 20 年度 富士山航空レーザ測量業務
③	平成 23 年度 富士山麓(富士山)航空測量業務
④	平成 25 年度 富士山南部航空測量業務
⑤	平成 24 年度 富士山南西野溪航空測量業務
⑥	平成 21 年度 大規模崩壊地対策航空レーザ計測その 3 業務
⑦	平成 21 年度 大規模崩壊地対策航空レーザ計測その 2 業務
⑧	平成 20 年度 渡良瀬川流域及び鬼怒川流域航空レーザ計測業務
⑨	平成 21 年度 公共測量助言番号 H21E0012
⑩	平成 31 年度 富士山南麓航空レーザ測量業務
⑪	平成 21 年度 公共測量助言番号 H21GC005-06
⑫	平成 25 年度 公共測量助言番号 H25E0258
⑬	富士山科学研究所より提供(本栖湖、山中湖)
⑭	国土地理院「湖沼データ・ダウンロードサービス」(精進湖、西湖、河口湖)
⑮	神奈川県(相模川水系ダム管理事務所)より提供(相模湖)

(6) シミュレーション結果

各計算開始点 (25 メッシュ 100m×100m) に各規模の噴出総量を噴出レートに応じて投入し、(3)で設定したパラメータと(5)の 20m メッシュを用いて数値シミュレーションを実施した。

引用文献

山下 伸太郎・宮本 邦明・大原 正則・緒統 英章・水山 高久 (1990) 溶岩流の数值シミュレーション, 水工学論文集, 第 34 卷, Feb, p.391-396.

石原 和弘・井口 正人・加茂 幸介 (1988) 数值計算による 1986 年伊豆大島溶岩流の再現, 火山, 第 2 集, 第 33 卷, p.64-76.

Miyamoto, H. and Sasaki, S. (1998) Numerical simulations of flood basalt lava flows: Roles of parameters on lava flow morphologies, *Journal of Geophysical Research*, vol.103, No.B11, p.27, 489-27, 502.

小山 真人 (2007) 富士山の歴史噴火総覧, 『富士火山』山梨県環境科学研究所, p.119-136.

Proietti, C., Coltelli, M. , Marsella, M. and Fujita, E.(2009) A quantitative approach for evaluating lava flow simulation reliability: LavaSIM code applied to the 2001 Etna eruption, *Geochemistry Geophysics Geosystems*,10, Q09003,doi:10.1029/2009GC002426

4.3 火砕流のシミュレーション

(1) シミュレーションモデル

火砕流のシミュレーションは、2004年富士山ハザードマップ検討時にも用いられた、乾燥粒子流モデル（Yamashita and Miyamoto, 1991）を用いた。本モデルは火砕流下層の本体部を重力流動モデルとして表したもので、基礎方程式として、質量保存則、運動量保存則、状態方程式、エネルギー保存則を用い、構成方程式としてエネルギー損失の要因に粒子間の固体摩擦力を考慮した金谷(1979)の構成方程式を用いている。

シミュレーションプログラムは（一財）砂防・地すべり技術センターにより開発され、上記モデルを採用した高速化 J-SAS 火砕流プログラムを用いた。

(2) 想定する火砕流規模

最新の調査・研究により、富士山で発生した大沢火砕流は従来の 210 万 m³ から 620 万 m³ と規模が修正された（前田・宮地，2012）。また、2.2 で述べた通り新たに鷹丸尾火砕流の堆積物が確認され（馬場ほか，2018）、規模は概算で 1,240 万 m³ と見積もられている。

ハザードマップの改定にあたり想定する火砕流の規模は、実績の最大である鷹丸尾火砕流と同程度とした。ただし鷹丸尾火砕流の規模 1,240 万 m³ は概算の値であるため、富士山ハザードマップ（改訂版）検討委員会での討議の結果、想定火砕流規模は 1,000 万 m³ を総噴出量として設定した。

また、火砕流に伴う高温の火砕サージについては、力学モデルが確立していないので、他火山の実績に基づいて影響範囲を推定した。

(3) パラメータの設定

数値シミュレーションを実施する上で設定するパラメータは、新たな知見が得られていないため基本的に平成 16 年版報告書の値を踏襲した。

ただし数値シミュレーションに用いるメッシュの間隔を 50m から 20m に変更したことに伴い、特に火砕流の流下範囲に影響する粒子間摩擦係数は再現計算により再設定した。

表 4.3-1 計算パラメータ一覧

定数	単位	数値	備考
粒子間摩擦係数	—	0.4	再現計算より再設定
火砕流流量	m ³ /s	10,000	平成 16 年版報告書で設定した値
火砕物の代表粒径	cm	0.5	平成 16 年版報告書作成の際に実施した滝沢火砕流 B の試験結果より
火砕物の密度	kg/m ³	2,860	
堆積土砂濃度	—	0.63	

再現計算は富士山の実績である滝沢火砕流と大沢火砕流、鷹丸尾火砕流に対して実施した。ただし大沢火砕流の実績到達範囲は大沢と大久保沢の2筋に分かれており、大久保沢の分布範囲に関しては推定された部分が多いため、大沢流下分のみを対象として再現計算を実施した（流量は、全量 620 万 m³のうち、推定到達範囲の大沢流下分のみ面積の割合から 333 万 m³とした）。

また鷹丸尾火砕流の発生地点は不明であるため、過去の堆積物や現在の谷地形を考慮した鷹丸尾火砕流の到達範囲最上流端（計算開始点下）と、富士山で火砕流が発生する斜面勾配 30° の範囲の末端（計算開始点上）の2パターン再現計算を行った。

その他、富士山の実績火砕流は発生から長い年月が経っており、特に到達範囲末端は調査で完全に確定したものではなく不確かさが残る。そのため富士山と似た山体形状でかつ最近噴火して到達範囲が明確な、グアテマラのフェゴ火山で 2018 年 6 月に発生した火砕流に対しても、ALOS30m（撮影時期 2006～2011 年）メッシュの DEM を GIS で 20m メッシュに内挿・変換したものをを用い、規模は到達範囲面積×画像から判読した平均厚さ 2m=1,080 万 m³として再現計算を実施した。

再現計算は粒子間摩擦係数を複数設定して行い、実績と再現計算結果の到達距離を比較した。その結果から想定計算では粒子間摩擦係数=0.40 を用いることとした。

表 4.3-2 再現計算と実績で比較した到達距離の比

対象火砕流		粒子間摩擦係数					
		0.23	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60
滝沢火砕流 (240 万 m ³)		+50%	+30%	-7%	-31%	—	—
大沢火砕流 (333 万 m ³)		+77%	—	+42%	—	+28%	+4%
鷹丸尾火砕流 (1,000 万 m ³)	計算開始点 上	+38%	-2%	-14%	-15%	—	—
	計算開始点 下	+31%	+9%	-19%	-15%	—	—
フェゴ火山 (1,080 万 m ³)		—	+17%	+3%	-6%	—	—

※表中の数字は（再現計算の到達距離－実績の到達距離）／実績の到達距離

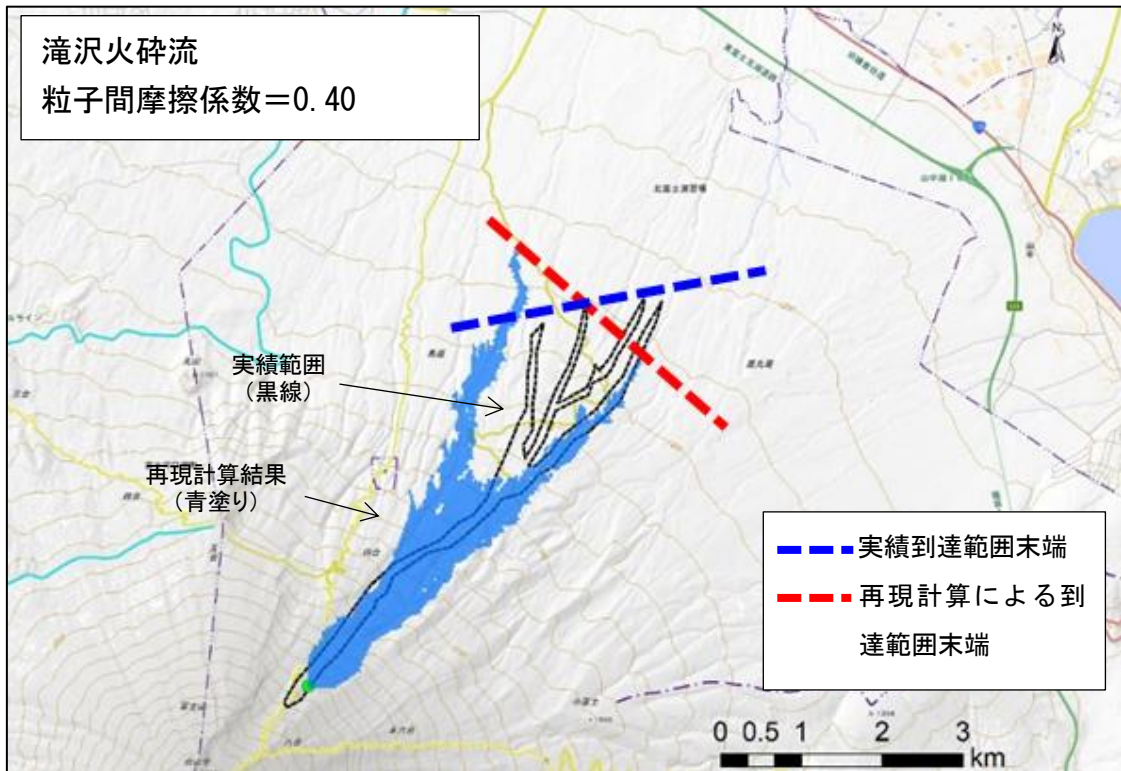


図 4.3-1 滝沢火砕流の再現計算結果と実績の到達範囲

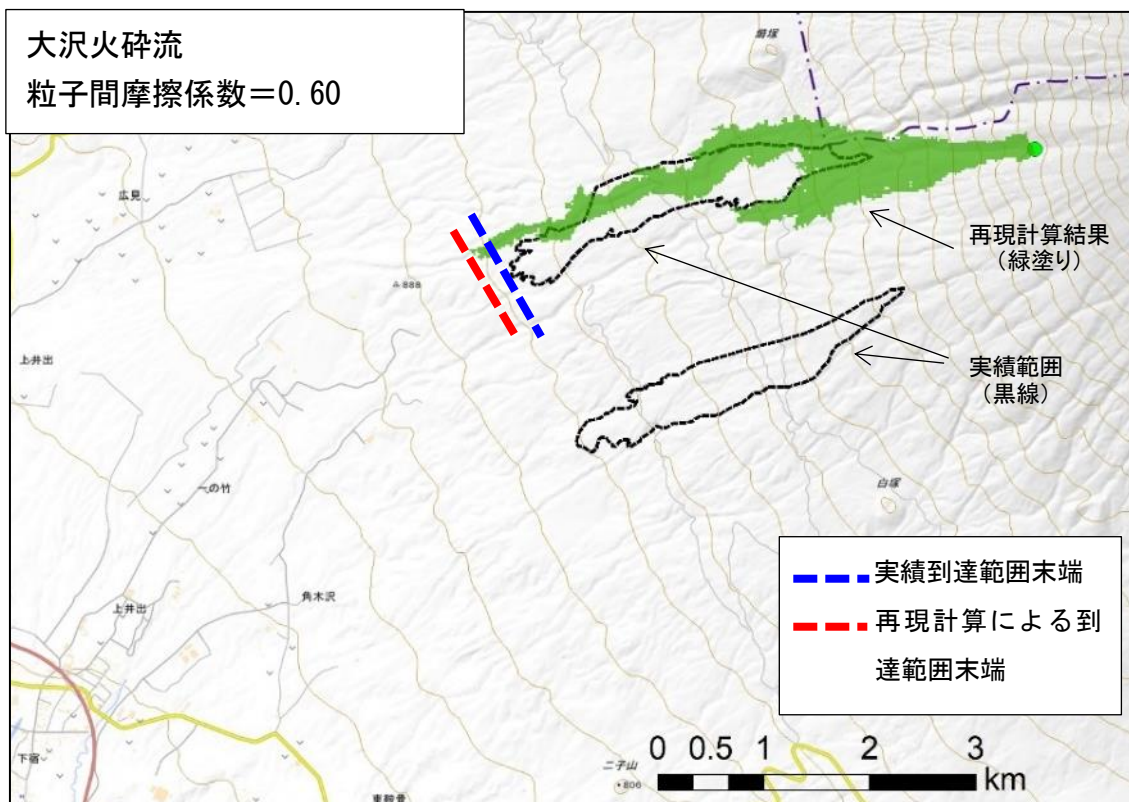


図 4.3-2 大沢火砕流の再現計算結果と実績の到達範囲

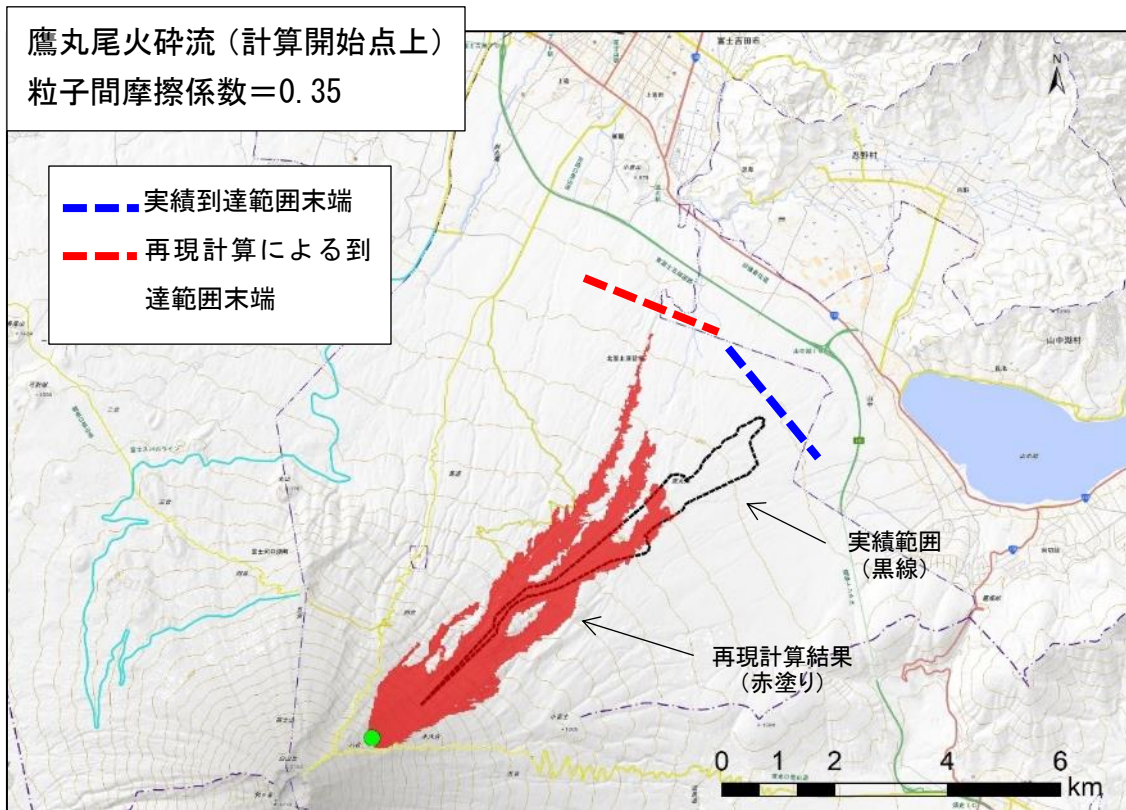


図 4.3-3 鷹丸尾火砕流（計算開始点上）の再現計算結果と実績の到達範囲

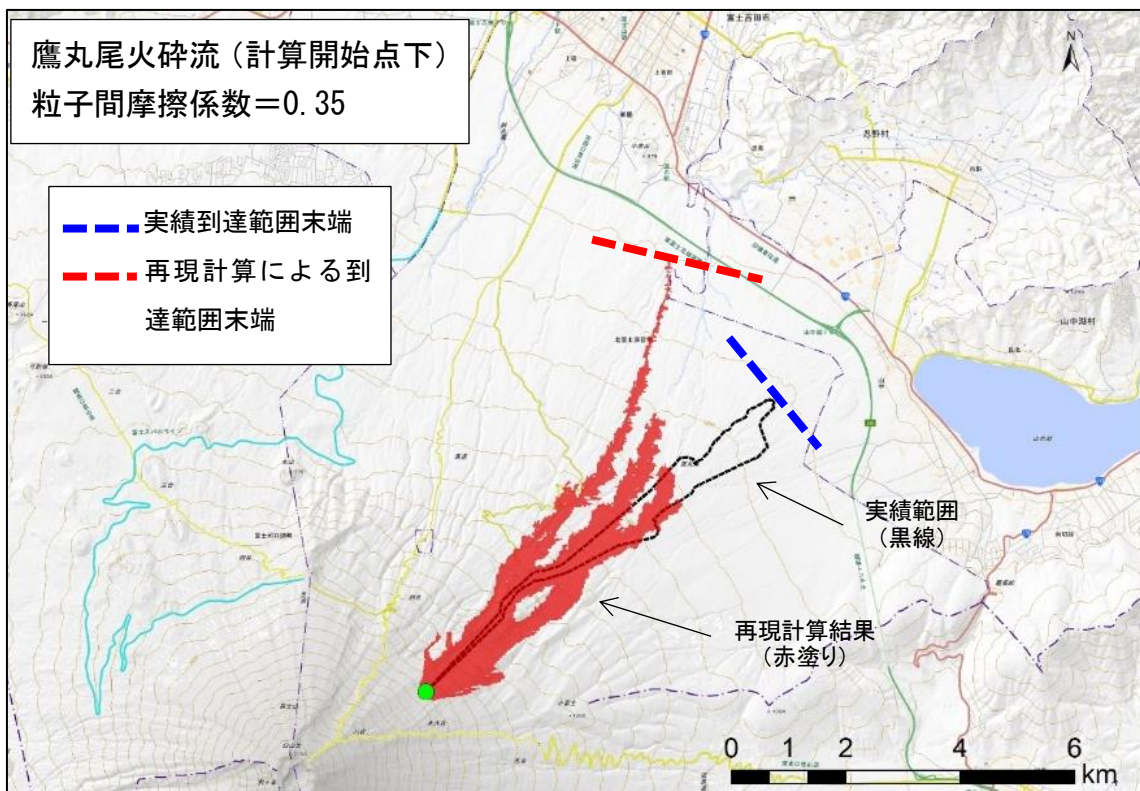


図 4.3-4 鷹丸尾火砕流（計算開始点下）の再現計算結果と実績の到達範囲

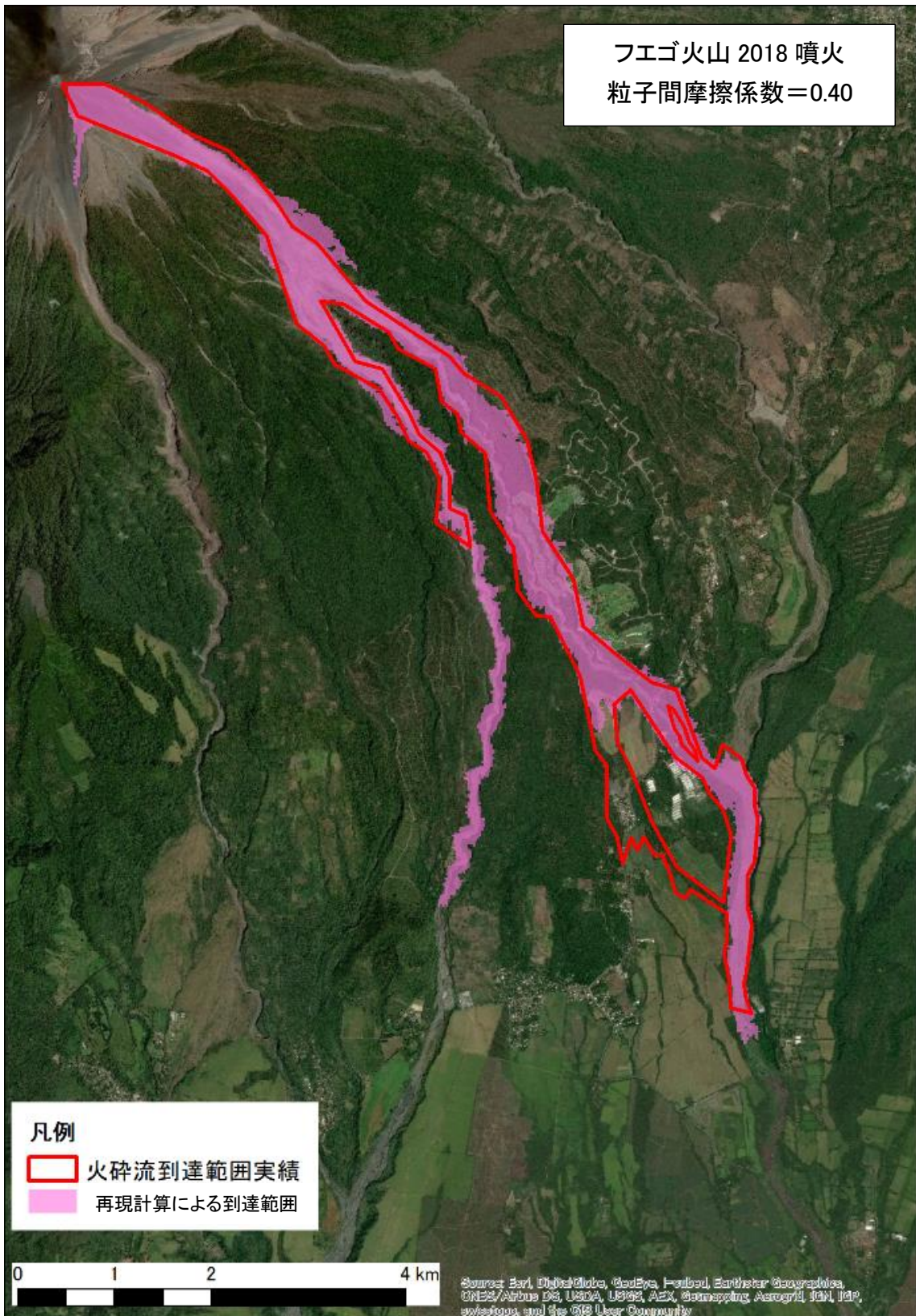


図 4.3-5 フエゴ火山火砕流の再現計算結果と実績の到達範囲
 ※火砕物の代表粒径はDavid et al.1978 を参考に設定した。

(4) 火砕流発生領域の設定

玄武岩質な成層火山である富士山の火砕流発生メカニズムは、噴火によって噴出した火砕物が山頂付近の急斜面に降下した後、定置できずに高温のまま流下すると考えられている（山元ほか，2007）。

また過去の噴火で富士山山麓に形成されたスコリア丘の最大傾斜角は 30° 程度であることから、これを超える急斜面では上記のメカニズムにより火砕流が発生しうると考えて、山頂周辺の 30° 以上の連続的に伸びる斜面を 20m メッシュの地形データから火砕流発生領域として抽出した。

ただし傾斜 30° 以上の斜面抽出のみでは、谷地形の側方斜面等が含まれる。よって、大沢の谷幅の長さを目安として 500m メッシュ DEM で傾斜方向を算出し、20m メッシュで算出した傾斜方向と 500m メッシュ DEM で算出した傾斜方向が一致している斜面のみに絞ることで、谷の側方斜面を除外した。

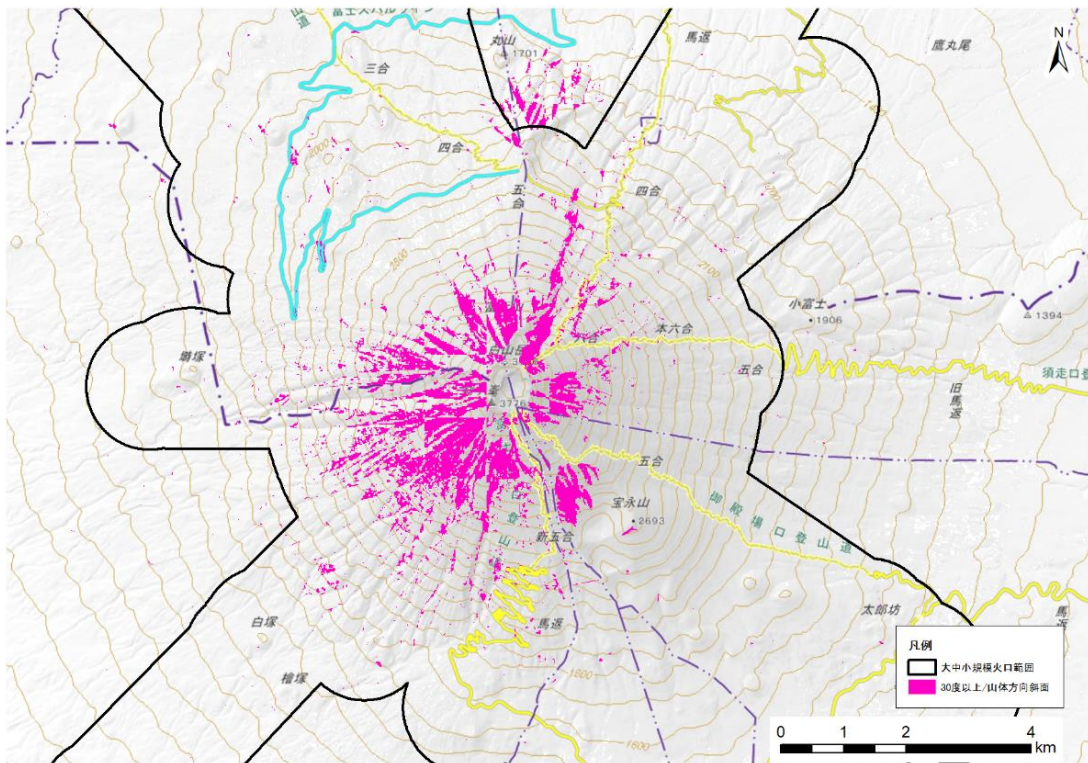


図 4.3-6 抽出した火砕流発生領域

(5) 計算開始点の設定

火砕流発生領域の中から数値シミュレーションの計算開始点を、以下の方針に基づき 35 点設定した。

- ① 東西南北 8 方向別に各 2 点を目安に、火砕流発生領域と谷線（水系網線）が重なる最下流点に計算開始点を設定。

- ②谷線が火砕流発生領域に届かない場合は、火砕流発生領域の末端に計算開始点を設定。
- ③北方の小御岳と南東の宝永山については、地形による影響を考慮して重点的に設定。
- ④①～③で設定した計算開始点での火砕流流下範囲を確認の上、火砕流が到達していない流域にも流下するように、隙間を埋めるように計算開始点を設定。
- ⑤さらに、火砕流が最も広域に広がるケースの想定として、山頂直下の最上流部の尾根上に計算開始点を設定。

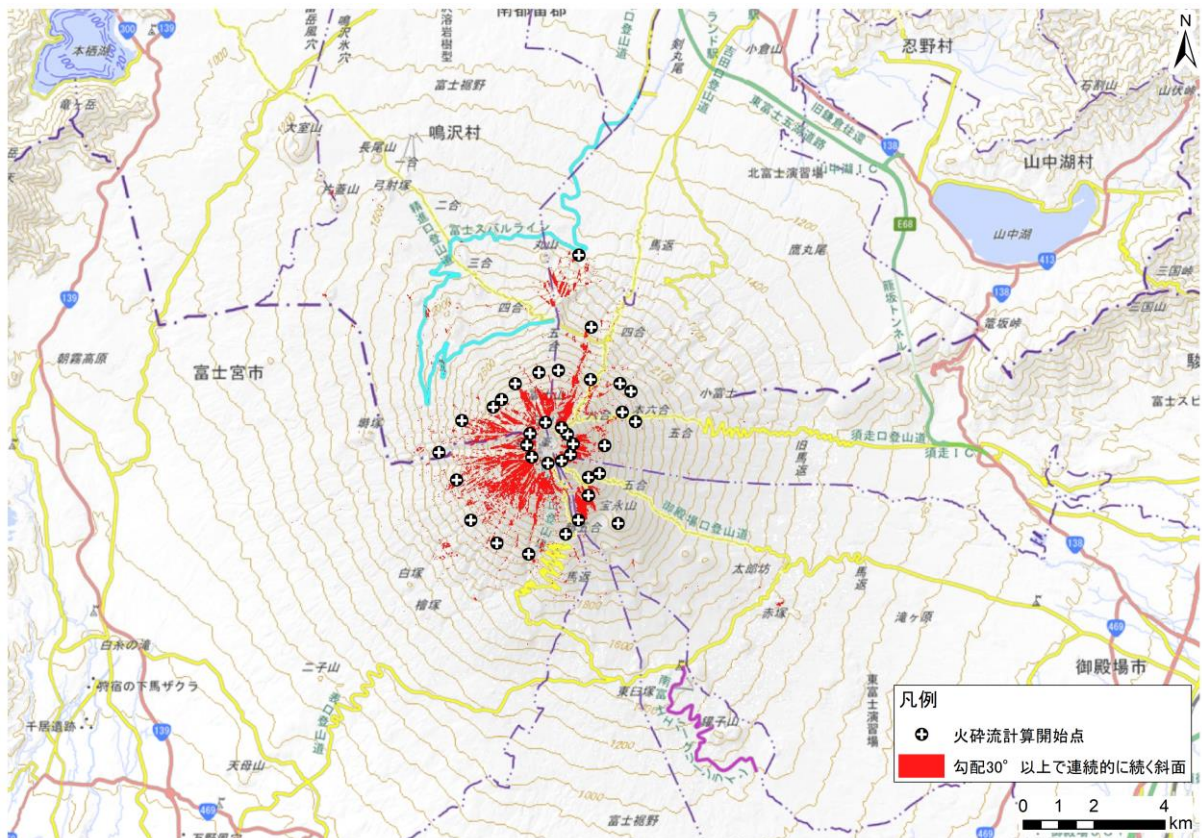


図 4.3-7 計算開始点設定結果 (全 35 点)

(6) シミュレーションの実施

各計算開始点 (1 メッシュ 20m×20m) から想定火砕流規模 1,000 万 m³ を火砕流流量 10,000m³/s (継続時間 1,000 秒) で投入し、(3) で設定したパラメータと溶岩流と同じレーザー航測成果から作成した 20m メッシュを用いて数値シミュレーションを実施した。

(7) 火砕サージの到達範囲の想定

火砕サージは、一般に火砕流本体より遠くに到達することが認められている。その範囲について、他火山の実績を調べると図 4.3-8 のように本体部の到達距離と比例関係はなく、90%以上が本体部より 1km 程度以内に到達していることから火砕流本体到達範囲から 1km 以内を火砕サージ到達範囲とした。

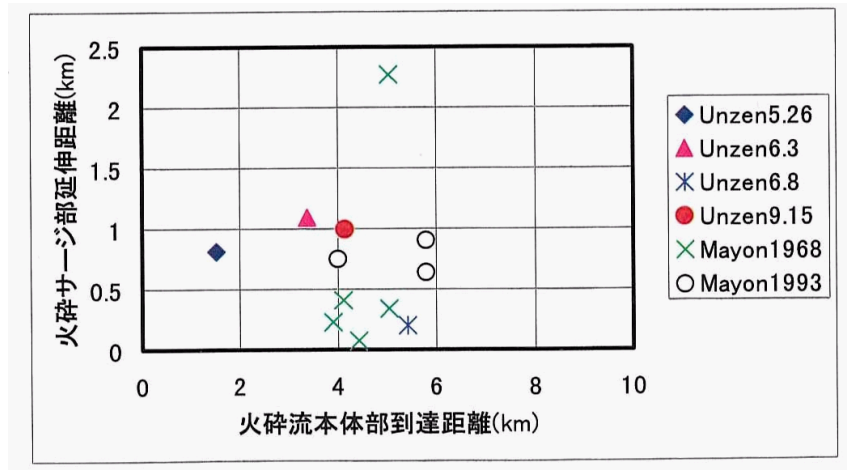


図 4.3-8 火砕流と火砕サージの到達距離

(平成 16 年度版報告書による)

引用文献

Yamashita, S. and Miyamoto K. (1991) NUMERICAL SIMULATION METHOD OF DEBRIS MOVEMENTS WITH A VOLCANIC ERUPTION, Japan-U.S. Workshop on Snow Avalanche, Landslide, Debris Flow Prediction and Control, p.433-442.

金谷 健一 (1979) 粒状体の流動の基礎理論 (第 2 報, 発達した流れ), 日本機械学会論文集 (B 編), 第 45 巻 392 号, p.515-522.

前田 美紀・宮地 直道 (2012) 富士火山西麓に分布する玄武岩質火砕流の成因, 火山, 第 57 巻, 第 1 号, p19-35.

馬場 章・渋谷 秀敏・内山 高 (2018) 古地磁気学的手法を用いた富士火山、鷹丸尾火砕流堆積物の噴火推移の解明, 第 144 回地球電磁気・地球惑星圏学会予稿集, R004-P06.

David, K. Davies, Michael W. Quearry and Samuel B. Bonis (1978) Glowing avalanches from the 1974 eruption of the volcano Fuego, Guatemala. GSA Bulletin, vol.89, issue 3, p.369-384.

山元 孝広・高田 亮・石塚 吉浩・宮地 直道・田島 靖久 (2007) 富士火山西斜面で発生した玄武岩質火砕流の特徴とその起源, 富士火山, 山梨県環境科学研究所, p.245-254.

4.4 融雪型火山泥流のシミュレーション

(1) 作成方法

融雪型火山泥流のシミュレーションは、2004年富士山ハザードマップ検討時にも用いられた、水と細粒分土砂が一体として流下し、その流量と地点ごとの勾配により流砂量式（MPM式）で与えられる粗粒分土砂が掃流状態で運搬されるモデルを用いた。

シミュレーションプログラムは（一財）砂防・地すべり技術センターにより開発され、上記モデルを採用した高速化 J-SAS 泥流プログラムを用いた。

(2) 泥流規模の算出方法

融雪型火山泥流は山腹の積雪が火砕流により融かされて発生した水が、火砕流の土砂を巻き込みながら流下して発生する現象である。そのため想定泥流規模は、積雪量と火砕流との間の熱収支計算による融雪水量と、勾配等の地形条件によって決定される土砂輸送能力量により算出する。

積雪量および火砕流量、勾配等の地形条件は火砕流の流下方向ごとに異なるため、後述する融雪型火山泥流の計算開始点ごとに想定泥流規模を設定した。

ただし十勝岳大正泥流に関する既往研究成果（宮本ほか, 1989）より、融雪水に取り込まれた火砕流の土砂のうち 60%は細粒分として水と一体化して流下するものと考えた。

また計算開始点における粗粒分の土砂濃度は、高橋の土石流濃度式（高橋 1978）による土砂濃度と、粗粒分 / （水 + 細粒分 + 粗粒分）による濃度（ただし上限値は堆積土砂濃度 $0.6 \times$ 粗粒分の割合 $0.4 = 0.24$ ）を比較して小さい方を採用した。

(3) 積雪量の算出方法

平成 16 年版報告書では、当時は山頂付近を除いて積雪深の統計データがなかったため、現地の積雪状況について地元の雪氷学会員や山岳会関係者にヒアリングを行い、富士山麓の積雪深を一律 50cm、積雪密度は雪が締まった時期を想定して $0.35\text{g}/\text{cm}^3$ と設定している。

その後、国土交通省富士砂防事務所により平成 30 年 3 月、平成 31 年 3 月、4 月に富士山山麓のレーザー測量および現地での積雪密度調査が行われ、山麓全体の積雪深平均値は 39~47cm、積雪密度は $0.27 \sim 0.36\text{g}/\text{cm}^3$ という値が得られている。この値に対して山麓の積雪深計のデータと比較し、測量時は年間で最も雪が多く積もっている時期であり、測量した年は平均的な積雪量であることを確認した上で、危険側（雪が多い）の値として平成 16 年版報告書と同じ積雪深 50cm、積雪密度 $0.35\text{g}/\text{cm}^3$ を採用した。

計算開始点ごとの積雪量は、計算開始点を基準として流域分割を行い、その流域面積 \times 積雪深 50cm \times 積雪密度 $0.35\text{g}/\text{cm}^3$ として算出した。

(4) 融雪水量の算出方法

平成 16 年版報告書と同様に、滝沢火砕流-B の火砕流温度を 500°C 以上とし(瀧ほか, 2002)、以下の式より積雪と火砕流との間の熱収支計算を考えると、50cm の積雪深の場合、火砕流が到達した範囲の積雪は全て融ける。

全ての雪が融ける場合、

$$W_0 = \frac{T_s C_s}{(1 - C_m) q_m} W_s$$

ここで、 W_0 : 雪の体積 (空気なし) (m^3)、 W_s : 火砕物体積 (空気なし) (m^3)、 T_s : 火砕流温度 ($^{\circ}C$)、 C_s : 火砕物の比熱 ($=0.53cal/g \cdot K$)、 C_m : 雪の含水率、 q_m : 氷の融解熱 ($\approx 80cal/g$) である (宮本ほか, 1989)。

(5) 泥流ハイドログラフの作成

清水として流下する融雪水と細粒分土砂のハイドログラフ (時間あたりの流量) は、融雪水が斜面を流れて下流に集中する過程と斜面地形を反映できるキネマティックウェーブモデル (宮本・井戸, 2003) を用いて計算開始点ごとに作成した。

得られた融雪水+細粒分土砂のハイドログラフに、(2) の濃度に応じた粗粒分土砂量を加えて、計算開始点ごとに泥流ハイドログラフを作成した。

各ケースの平均総泥流量は 160 万 m^3 、平均ピーク流量 : 1,000 m^3/s である。

(6) パラメータの設定

数値シミュレーションを実施する上で設定するパラメータは、新たな知見が得られていないため、現地調査結果や標準的な土質定数を用いた平成 16 年版報告書の値を基本的に踏襲した。

表 4.4-1 パラメータ一覧

定数	単位	数値			備考
粒径	m	0.003	0.006	0.02	2004 年に実施した滝沢火砕流 B の密度試験結果より
		40%	30%	30%	
堆積土砂濃度	—	0.63			
砂礫密度	kg/ m^3	2,600			一般的な物性値
泥水密度	kg/ m^3	1,200			一般的な物性値

(7) 計算開始点の設定

融雪型火山泥流の計算開始点は、火砕流の流下によって発生した融雪水が、谷に集まっていくものと考え、火砕流の下流端付近で谷地形を呈している地点とした(図 4.4-1)。

なお、一つの流域に複数ケースの火砕流到達範囲がある場合は、複数の火砕流が同時に発生しないと考えると、面積が最大となるケースの火砕流到達範囲のみから融雪水量を算出している。

逆に一つの火砕流到達範囲が複数の流域にまたがっている場合は、流域単位で火砕流到達範囲を分割しそれぞれで融雪水量を算出している。

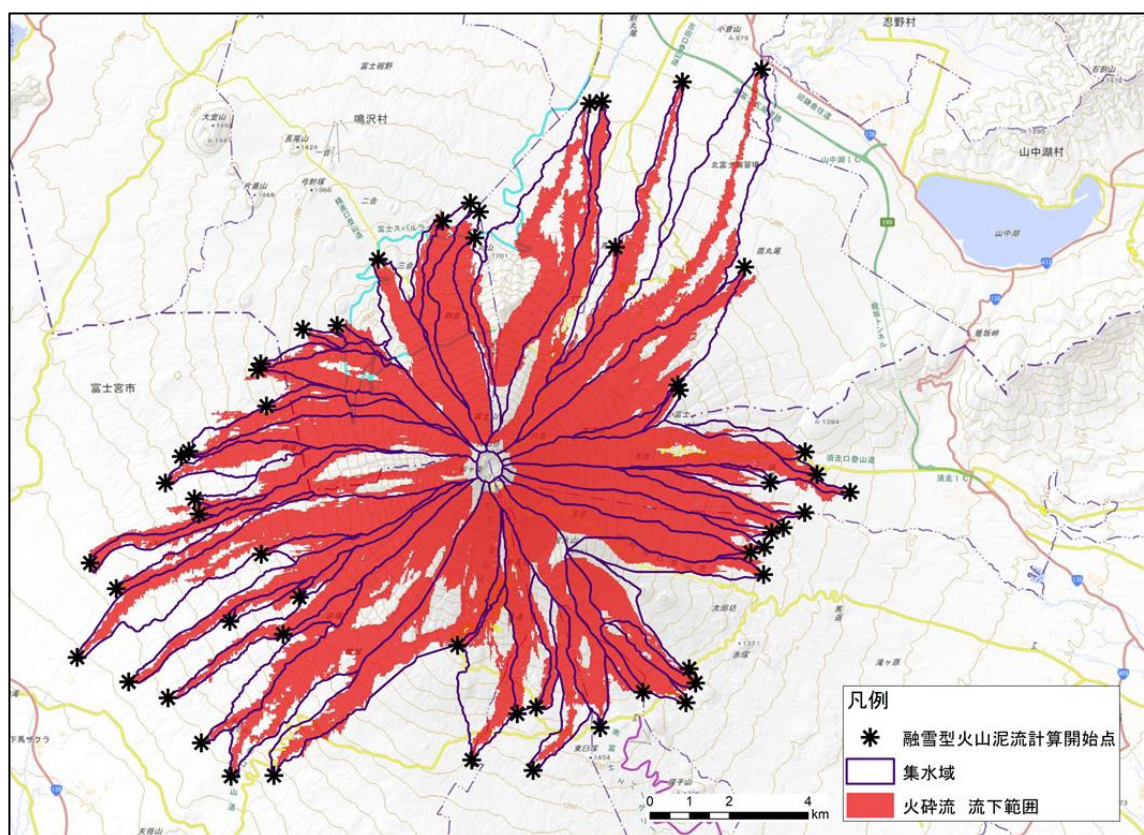


図 4.4-1 融雪型火山泥流の計算開始点

(8) シミュレーションの実施

各計算開始点（1メッシュ 20m×20m）からそれぞれの泥流ハイドログラフを投入し、(6)で設定したパラメータと溶岩流と同じレーザー航測成果から作成した20mメッシュを用いて数値シミュレーションを実施した。

引用文献

瀧 尚子・千葉 達朗・田島 靖久・宮地 直道・遠藤 邦彦 (2003) 富士山北東斜面における火砕流堆積物の古地磁気学的検討. 日本大学理学部自然科学研究所研究紀要, 38, 89 - 101.

宮本 邦明・鈴木 宏・山下 伸太郎・水山 高久 (1989) 十勝岳大正 15 年 (1926 年) 泥流の再現計算, 第 33 回水理講演会論文集, p. 361-366.

宮本 邦明・井戸 俊介 (2003) 任意 3 角形平面要素を用いた土砂流出解析法, 砂防学会誌, Vol. 55, No. 6, p. 33-39.

高橋 保 (1978) 土石流の発生と流動の機構, 土と基礎, vol. 26, No. 6, p. 45-50.