富士山の噴火への課題

一 将来の噴火に備えて 一

山梨県富士山科学研究所富士山火山防災研究センター長 吉 本 充 宏

1. はじめに

2021年3月26日、富士山の火山ハザー ドマップが改定された1)。2004年6月 に富士山火山ハザードマップ2) が公表さ れて以降、さまざまな研究機関によって 富士山の噴火履歴の研究が行われ、その 結果を反映させるためであった。今回の 改定では、火口ができると想定される範 囲が市街地の近くまで拡大されたこと、 溶岩流や火砕流の最大規模想定が増加し たこと、また、シミュレーションで使用 する数値地図がより詳細なものに変更さ れた結果、これまでの予想より短時間で 溶岩流が市街地に到達するケースが加わ り、より遠方まで影響範囲が拡大される こととなった1)。今後、この改定された ハザードマップを基に避難計画が改定さ れることになっているが、いくつかの課 題が浮き彫りになっている。富士山は、 日本で最も高い火山であるが、その火山 防災対策も日本一難しいと言っても過言 ではない。多様な噴火様式や噴火規模、 火口が発生する範囲が広いこと、玄武岩 質マグマのため流動性が高いことなど富 士山そのものの火山の特性が対策を難し くしている。さらに、観光客の多さ、ス テークホルダーの多さなど富士山を取り 巻く環境も一層対策を難しくしている。 本稿では、富士山の噴火の特徴とその課 題などについて解説することにする。

2. 富士山の火山活動

富士山は約10万年前に活動を開始し、それ以来、幾多の噴火を繰り返し、現在の姿となった。富士山の活動は、マグマの噴出率が他の日本の火山の10倍高いことや体積が400~600㎡で他の陸上の火山に比べ10倍程度大きいこと、また噴出したマグマのほとんどが玄武岩質で浅間山や桜島など安山岩を主体とする日本の多くの火山とは異なること、噴火様式が多様なことで特徴づけられる3)。

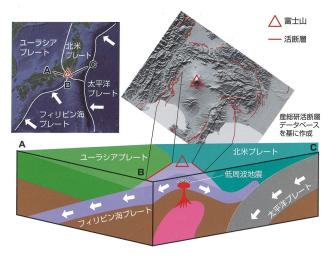


図-1 富士山周辺のプレート3)

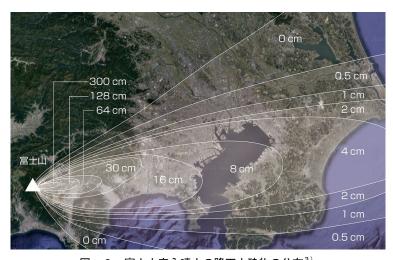


図-2 富士山宝永噴火の降下火砕物の分布3)

これらの特異性は、富士山が特殊な場所にあることに由来すると考えられている。富士山のある場所は、ユーラシアプレートと北米プレートが接し、そこへ南側からフィリピン海プレートが沈み込み、さらに北米プレートとフィリピン海プレートに太平洋プレートが沈み込んでいるという非常に複雑な場所なのである(図-1)。

富士山の活動は、約10万~1.7万年 前の爆発的噴火を繰り返した時期(星山 期)、大規模溶岩流で特徴付けられる約 1.7万~8000年前の時期(富士宮期)、約8000~5600年前の活動が静穏な時期を経て、約5600年前から現在までの爆発的な噴火と静穏な噴火を繰り返してきた時期(須走期)に分けられている⁴¹。最近5600年間の活動にも変化があり、はじめは山頂の火口と山麓の側火口からの噴火を繰り返してきたが、約2300年前以降は、山頂火口は使わなくなり側火口からの噴火に移行している。この約5600年間の噴火が今回のハザードマップ改定の基礎データとなっている。この

間の噴火は、主に溶岩流を噴出する噴火 と大規模降灰を伴う爆発的な噴火である。 それぞれの代表例は、前者は青木ヶ原樹 海の土台となっている青木ヶ原溶岩を噴 出させた西暦 864~866年の貞観噴火50、 後者は富士山の最後の噴火である西暦 1707年の宝永噴火60である。貞観噴火は、 最近5600年間で最大規模の噴火で、約 13 億㎞の溶岩を噴出させた。この噴火 は約2年間継続したが主要な活動は最初 の2ヶ月間と考えられている。一方、宝 永噴火は、二番目に大きな噴火で、噴出 した火山灰は偏西風に乗って東京まで届 いている。神奈川県で30~10cm、東京 都心で数cmの降灰の記録が残っている (図-2)。この噴火は16日間継続した。 また、宝永噴火で火山灰が10cm以上積 もったところでは、噴火後数年間土石流 の被害に遭っていたことが記録されてい る。

3. 富士山の噴火の特徴とそ の問題点

ここでは、噴火対策を難しくしている 富士山の噴火の特徴について、噴火様式、 噴火頻度と規模、火口の分布、噴火の予 兆という観点で整理する。

(1)噴火様式

富士山の噴火で起こりうる火山現象と しては、溶岩流、火砕流、融雪型火山泥 流、降灰後土石流、山体崩壊(岩屑なだ れ) などの流れてくる現象と、火口から 飛来する大きな噴石、噴煙から降下して くる火山灰および小さな噴石などがある。 地質学的に記録として残っていないが、 空中を伝わってくる現象としては、火山 ガスや空振も考えられる。それぞれの現 象は、温度、速度、到達距離が異なるの で、それぞれ避難のタイミングが異なっ てくる。さらに複雑なことには、これら の現象が1回の噴火で複数発生しうるこ とや同じタイプの噴火をしても毎回同じ 現象が起こるわけではなく、起こる順序 もバラバラな点である。次にいくつかの 現象についてその注意点や避難のあり方 について述べる。

○溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流

溶岩流は溶けた岩石が連続的に流れる 現象で、富士山の溶岩流の温度は1,200 度ぐらいで非常に高温であるが、流れて くる速度は住宅街があるような緩やかな 斜面では人間が歩く程度もしくはそれよ り遅い速度で流れる。そのため、歩行に よる避難も可能である。普通に歩ける人であれば噴火後、火口の位置を見極めてからの避難でも間に合う。一方で、高温であることから溶岩が流下する縁辺部では火災などにも注意が必要である。溶岩流の流れる距離は噴火の規模によるが、規模の大きな噴火になると数十km流れることもある。富士山では、山梨側では中央線の猿橋駅付近まで流れたものや、静岡県側の三島駅近くまで流れたものもある。また、溶岩流を流出させる噴火は、雲仙普賢岳や西之島のように数年以上続く場合もあり長期化が懸念される。

火砕流は、高温の岩石が周りの空気などを取り込んで高速で斜面を駆け下る現象で、600度以上と高温であるだけでなく、流下速度が速く時速100km以上になることもある。到達範囲にいた場合、火砕流が発生してからの避難は車でもほぼ不可能である。火砕流は富士山の場合、到達距離は実績で山頂から約10kmである。噴火が発生した場合には速やかに10km圏内から退避すれば、火砕流からのリスクは回避できる。溶岩流と同様、高温であることから火災などにも注意が必要である。

融雪型火山泥流は、積雪期に火砕流などが発生した場合、火砕流が流下した場所の雪を溶かして、雪解け水と火砕流に含まれていた岩石や火山灰が一団となって流れてくる現象で、温度は低温であるが、速度は時速数十km程度にもなる。最終的には川に流入し、数十km以上流れることもある。流路にいた場合、生命が脅かされる危険がある。一方で、逃げ遅れた場合でも、流動深にもよるが垂直避難で助かる場合もある。融雪型火山泥流は積雪期にしか起こらないため積雪期のみ注意が必要である。

○噴石と降灰

気象庁は、噴火によって火口から吹き飛ばされる防災上警戒・注意すべき大きさの岩石を噴石と呼んでいる⁷⁾。防災上の観点から、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のことを「大きな噴石」、および直径数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を「小さな噴石」と呼んでいる。大きな噴石は時速100kmを超えることがあり、到達圏内にいた場合、人命に重大な危険を及ぼす。しかし、その到達距離は、富士山の場合、小規模噴火の場合4km程度と考えられているた

め、噴火が予想される場合や噴火が発生 した場合は、速やかに、到達圏内から退 避することが重要である。万が一、逃げ 遅れた場合は、建物に逃げ込むか、岩陰 に隠れるしかない。

降灰や小さな噴石は、火口の風下側の 広い範囲に影響がでる。噴火規模、風向 き、火口からの距離によって影響は大き く異なる。富士山の宝永噴火のような大 規模な爆発的噴火が起こった場合、富士 山に近い場所では、数十cm~数mの厚さ の火山灰が積もる可能性がある。この場 合、木造家屋や体育館などの大スパンの 建物は倒壊の危険性がある。また、こぶ し大程度の噴石が含まれる場合火災など が起こることもある。一方、遠方では、 富士山から遠くなるにつれて、降灰の厚 さは徐々に薄くなり、粒子も徐々に細か くなってくる。細粒な火山灰そのものを 浴びたからと言ってすぐさま生命に危険 があるわけではないが、目に入ると目に 傷がつく場合があることや降灰時には視 界不良になることから屋外での避難行動 は難しくなるため屋内に避難する必要が ある。また、少量の降灰でもライフライ ンへの影響は大きい。たとえば、微量の 降灰でも鉄道は運行を停止し、乾燥時で 10cm以上、降雨時3cm以上の降灰で二輪 駆動の自動車は走行不能になる8)。また、 降雨時には火山灰の碍子への付着によっ て絶縁低下が起こり大規模な停電が起こ ることもある8)。さらに、飲料水の原水 に火山灰が混入すれば断水の危険性もあ る。富士山で宝永噴火と同等の噴火が起 こった場合、風向きによっては、首都圏 でも10cm程度の降灰が予想されている ことから、その影響は計り知れない。

小規模な降灰の場合、富士山周辺では、 大規模噴火時の遠方と同じ影響があると 考えて良い。降灰によるインフラやライ フラインへの影響については内閣府の大 規模降灰時の広域降灰対策検討ワーキン ググループの報告書⁸⁾を参照してほしい。

降灰後、注意しなければならないのが、 降灰後土石流である。降灰後土石流は、 一般の土石流が発生するより遙かに少な い雨量で発生するため、居住エリアなど の背後の傾斜地に降灰があった場合警戒 が必要である。降灰後土石流は、噴火が 終息しても、雨が降るたびに発生し、土 砂の流出は数年~数十年以上続くとの試 算もあり、被害が長期化する要因ともな る⁹⁾。長期的に河川に流入すれば、河川 水を飲料水としている地域に大きく影響 を及ぼすことになる。

○山体崩壊

山体崩壊は、富士山では過去2万年間に少なくとも3回起こっている40。最後に起こった山体崩壊は約2900年前の御殿場岩屑なだれを発生させたときである。この山体崩壊は、御殿場岩屑なだれ堆積物の上下に噴火堆積物が確認できないことから地震によって発生したと考えられている。マグマの貫入に伴う山体崩壊に比べ、地震による山体崩壊の場合、予測が不可なため、ハザードマップ等では現象の周知にとどまっている。

(2)噴火頻度と規模

最近 5600 年間に約 180 層の噴火堆積物が確認されており $^{4.10}$ (図-3)、平均すると約 30 年に一度噴火していることになるが、定期的に噴火しているわけではない。西暦 781 年以降 10 回の噴火が古文書などに記述されているが、そのうち 7 回は西暦 781 年から西暦 1083 年の間に集中しており、その後は 1435 年、1511 年、最後の噴火は 1707 年である 11 。すべての噴火が記録されているわけではないが、1083 年以降は噴火の間隔が開いている。

また、これらの噴火の規模は、10万 ~ 13 億㎡とさまざまである。富士山では 2000万㎡以下を小規模、2000万 ~ 2 億㎡を中規模、2 億㎡以上を大規模と呼ぶことにしている 1,2)。最近 5600 年

間の噴火規模の傾向は、小規模、中規模が合わせて約96%、大規模が約4%となっており、ほとんどが小中規模である。一方で、最近5600年間で最大規模と二番目の規模の噴火は最近1200年間に起こっている。さらに、最後の噴火である宝永噴火から300年が経過していることは意味深い。世界の火山噴火の噴火規模と噴火間隔の関係を見ると、数百年噴火間隔が開いた場合、規模の大きな噴火が起こりやすくなる傾向があることから、大規模噴火にも注意が必要である。このように、噴火の周期性がないことや規模の推定もできないことから被害範囲を見

積もることが困難となっている。

(3)火口とその分布

富士山の火口は、山頂の火口や宝永火口に見られるすり鉢状の火口以外に複数の火口が直線的に数珠つなぎとなった割れ目火口がある。割れ目火口の中には、総延長5kmを超えるものがあり、前出の貞観噴火では二つの火口列をもち総延長5.7kmにも及ぶ。これらの火口は主に山頂火口を通る北西南東方向とそれに直行する北東南西方向に配列しており(図ー4)、その分布は両翼27kmに及ぶ。今回のハザードマップ改定では、その分布を

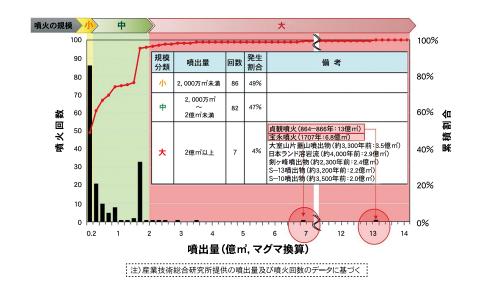


図-3 最近5600年間の噴火規模と回数1)

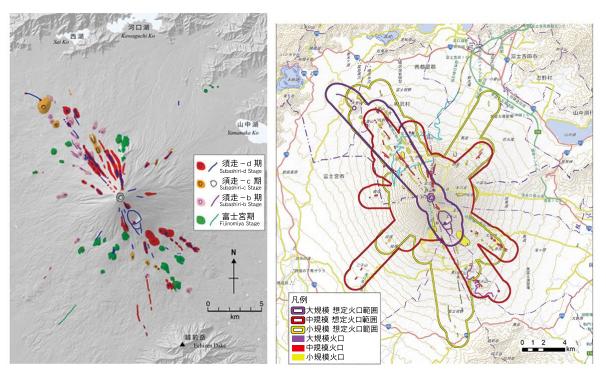
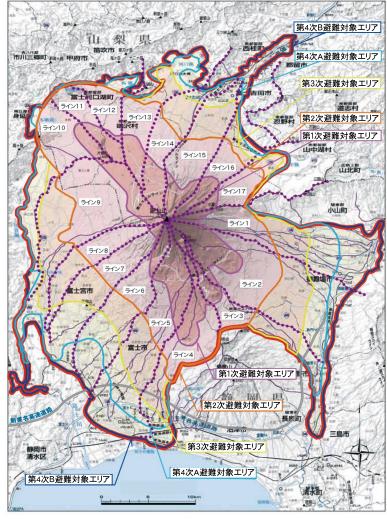


図-4 富士山の火口の実績(左) $^{4)}$ と改定されたハザードマップにおける火口ができると想定される範囲(右) $^{1)}$



※この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分の1 地勢図及び数値地図50mメッシュ (標高) を使用した。 (承認番号 平25情使、第717号)

図-5 富士山の火山防災マップ12)

表 - 1 富士山における避難の概要¹³⁾ 〇噴火前(噴火警戒レベルの上昇)と噴火開始直後の避難

区分		分					
				煮・大きな噴石		10-11-0-1	
			火口形成				
		第1次避難	第2次避難	第3次避難	第4次A避難	第4次B避難	
		対象エリア	対象エリア	対象エリア	対象エリア	対象エリア	
噴火前	レベル 3	一般住民	避難準備・	-	-	-	-
			避難				
			【全方位】				
		避難行動	避難 【全方位】 入山規制 【全方位】				
		要支援者					
		観光客・					
		登山者					
	レベル イル イル	一般住民	避難 【全方位】	避難準備		_	-
				【全方位】	-		
		避難行動		避難			
		要支援者		【全方位】 入山規制			
		観光客・ 登山者		【全方位】			
		笠川有		主力位	避難準備	 	
	レベル 野戒	一般住民	避難 【全方位】	避難 【全方位】	【全方位】	_	-
		避難行動			避難		
		要支援者			【全方位】		
		観光客・			入山規制		
		登山者			【全方位】		
噴火開始直後		一般住民				避難準備	
			避難 【全方位】	避難 【全方位】	避難 【必要なライン】	【必要なライン】	
		避難行動				避難	_
		要支援者				【必要なライン】]
		観光客・				入山規制	
		登山者				【必要なライン】	

参考にして火口ができると想定される範囲 (図-4右) が設定されたが、次の噴火はこの広い範囲のどこから起こっても不思議ではなく、どこから噴火するかは噴火直前にならないと判らないのである。噴火する場所によって大きく影響範囲が異なることから対応が複雑化する可能性が高く、避難計画などが複雑化する原因となっている。

(4)噴火の予兆

富士山噴火が古記録に最初に記された 西暦 781 年以降、10 回の噴火が記録さ れているが、噴火の前駆的な現象が記録 されているのは、宝永噴火だけである。 宝永噴火の場合、噴火前に有感地震や鳴 動が記録されている。一方で、49日前 には宝永地震が発生しており、その余震 活動との関係は不明である。また、宝永 噴火は爆発的噴火であり、溶岩流を流す ような噴火とは異なることから、富士山 の噴火で大半を占める溶岩流噴火に適用 するのは難しい。国内外の玄武岩質の溶 岩を流出させた噴火事例を見てみると、 2018年のハワイ噴火の場合3日前から 火山性地震が急増したことが捉えられて いる。また、伊豆大島1986年噴火や三 宅島1983年噴火の場合、噴火直前の2 時間前に地震活動の活発化が見られてい る。このことから、地震活動の活発化が 見られてから最短で数時間以内に噴火す ることも十分に想定される。夏の登山 シーズンには、噴火前に下山できずに、 噴火時に山中に多くの登山客などが取り 残される状況も考慮しておかなければな らない。一方で、噴火前に数時間あれば、 いろいろな対策を講じることも可能であ るため、この数時間をどのように活用す るか入念な検討が必要である。

4. 複雑な火山防災マップ

避難に関する情報が盛り込まれているのがハザードマップや防災マップであるが、特に火山ハザードマップや火山防災マップを正しく解釈することは難しい(図-5,表-1)。それは、発生するタイミングの異なる複数の火山現象のハザードマップが1枚の地図に網羅されているためである。特に富士山の火山防災マップは、正しく理解することが難しい。富士山の火山防災マップは、同心円状に第1次~第4次避難対象エリアに区分され、さらに放射状に区切られたラインという設定がある120。第1次避難対象エ

リアは火口ができると想定される範囲、 第2次避難対象エリアは火砕流、大きな 噴石、溶岩流が3時間で到達する可能性 がある範囲、第3次避難対象エリアは溶 岩流が3~24時間で到達する可能性が ある範囲、第4次避難対象エリアは溶岩 流が24時間以降に到達する可能性のあ る範囲で、さらにA (24時間~7日). B (7日~約40日) に分けられている。 ラインとは、富士山の山頂から延びる尾 根のうち、比較的大きな17の尾根によ り、溶岩流の流下が想定される範囲を放 射状に区分したものである。火口が確認 されるまでは、山頂から全方位で溶岩流 のリスクを考えなければならないが、火 口が確認されれば火口を含むライン内を 流下する可能性が高いので、安全サイド からも溶岩流による危険範囲として火口 の含まれるラインと両隣のラインを想定 すれば良く、避難対象エリアを絞る狙い がある。一方で、避難計画は、噴火前と 噴火後で対象範囲が異なり、かなり複雑 になる。現行計画でも噴火警戒レベルの 引き上げに伴い、第2次避難対象エリア までは全方位での避難となる。噴火前に 噴火警戒レベル5になった段階では、第 3次避難エリアの全方位(全範囲)の避 難行動要支援者は「避難」、観光客や登 山者は「入山規制」となる。一方、一般 住民は「避難準備」となる。噴火が発生 し火口が特定された後は、火口が発生し たラインとその両隣のラインの第3次避 難エリアの範囲の一般住民が避難の対象 となる。そして、避難対象となったライ ンの第4次避難エリアの避難行動要支援 者は「避難」、観光客や登山者は「入山 規制」となり、一般住民は「避難準備」 となる。これに降灰時の対応が入ってく ると避難場所の選定や避難場所までの経 路の選択などが複雑になる。

このように富士山の避難は非常に複雑であり、火山防災担当者も理解するのに時間がかかるため、今後、より理解しやすくする工夫が必要である。さらに、異なる避難行動を強いられる人へ、的確な情報伝達手段も検討しなければならない。

5. 富士山の噴火に備えて

富士山では、これまで述べてきたよう に想定される噴火様式、規模がさまざま であり、事前に火口が特定できないこと から、多角的な対策が必要である。特に、 噴火の予兆を捉えてから短時間で噴火に 至る恐れがあることから、日常的な火山 観測はもちろんのこと、噴火後も監視態 勢を強化し、適切なタイミングで避難で きるような備えが必要である。

噴火後すべての影響可能性範囲の方が、 一斉に車で逃げた場合、交通渋滞が起こ ることが予想され、本当に逃げなければ ならない、移動に車を必須とする避難行 動要支援者の方々などが避難し損ねる可 能性も十分に考えられる。避難する範囲 の設定や避難する順番などを検討してお くことが必要である。例えば、溶岩流噴 火の場合、溶岩流が流れる速度はほとん どの場合人間が歩く速度より遅い。普通 の人であれば、数百メートルも離れれば、 人命への影響はほとんど無い。そのため、 刻々と変化する溶岩流の進路を常に監視 し、影響の出そうな範囲を絞り込むこと で、優先的に避難させる地域と順次避難 する地域などを設定し、段階的な避難を 実施するなどの工夫が必要である。

また、溶岩流と降灰などが複合することを考慮すると、地域によって避難する 方向が異なることや在宅避難や堅牢な建物への屋内避難を選択する必要が出てくるケースもある。避難指示という情報だけでなく、どう避難するか、避難経路はどこを使って良いのかなどの情報を遅滞なく伝達するための手段の確立も必要であろう。

さらに、噴火が長期化した場合の対策や、噴火後の復旧についても考えておかなければならない。たとえば、降灰後、生活を復旧させるには、道路上の火山灰の除去方法や回収した火山灰の廃棄場所、ライフラインの維持などの対応策を検討しておくことが必要である。最後に、火山噴火は他の自然災害に比べて的確に避難することによって災害を軽減できる要素が多い。富士山は、いつかは噴火する。噴火したら何が起こるかをよく理解して、的確に避難できるように今から準備しておくことが大切であると思う。

【参考文献】

- 富士山火山防災対策協議会、2021、富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会報告書、https://www.pref.yamanashi.jp/kazan/fujisankazanbousai.html
- 2) 富士山ハザードマップ検討委員会, 2004, 富士山ハ ザードマップ検討委員会報告書
- 山梨県富士山科学研究所,2020,富士山境目図鑑, 丸善出版
- 4) 高田亮ほか, 2016, 富士山火山地質図, 国研 産業技 術総合研究所地質調査総合センター
- 5) 小山真人, 2007, 富士山の歴史噴火総覧, 荒牧ほか 編 富士火山, 山梨県環境科学研究所, 119-136.
- 6) 内閣府, 2006, 歷史災害の教訓報告書, 1707年 宝 永噴火, http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/ kyoukunnokeishou/rep/1707_houei_fujisan_funka/ index.html

- 気象庁、2021、気象庁が噴火警報等で用いる用語集、 https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/ STOCK/kaisetsu/kazanyougo/funshutsubutsu.html
- 8) 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ、2020、大規模噴火時の広域降灰対策についてー首 都圏における降灰の影響と対策 - 〜富士山噴火をモデルケースに〜 (報告)、http://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/index.html
- 9) 角谷ひとみほか, 2002, 富士山宝永噴火(1707)後の土 砂災害, 歴史地震18, 133-147.
- 10) 石塚吉浩ほか、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、715, https://www.gsj.jp/publications/pub/openfile/openfile0715.html
- 小山真人, 1998, 歴史時代の富士山噴火史の再検討, 火山, 43, 323-347.
- 12) 富士吉田市, 2015, 富士山火山災害に備える, https://www.city.fujiyoshida.yamanashi.jp/div/ kazan/pdf/bousaikyougi/sonaerunaka.pdf
- 13) 富士山火山防災協議会, 2019, 富士山火山広域避難計画, https://www.pref.yamanashi.jp/kazan/fujisankazan.html