富士山噴火に係る現状と対策

山梨県富士山科学研究所所長・東京大学名誉教授 藤 井 敏 嗣

《構成》

はじめに

- I 富士山の噴火史
- Ⅱ 富士山噴火の中・長期予測
- Ⅲ 富士山噴火の短期予測
- Ⅳ 富士山で次の噴火が始まる場所
- Ⅴ 富士山で起こりうる噴火現象
- VI 富士山周辺域にのみ影響を及ぼす噴火
- Ⅶ 広域に影響を及ぼす噴火
- Ⅲ 富士山噴火への対策

おわりに

はじめに

富士山は我が国に111ある活火山のうち最大のものであるが、最近300年以上静穏を保ったままである。また、2000年から2001年にかけて、富士山の直下で深部低周波地震と呼ばれる地震が活発化した時、真っ先に外国メディアから問い合わせがあったほど、世界が注目している火山でもある。国内のメディアが報道を始めたのはその後である。

2004 年に富士山としては最初のハザードマップが作られ、火山防災の動きが開始したのであるが、その後の調査研究の知見を受けて、2021 年には 17 年ぶりにハザードマップが改定された。現在、富士山火山防災対策協議会では、改定されたハザードマップに対応する避難基本計画の改定を進めている。

本稿では、富士山の火山としての現在の理解と、噴火に向けての対策について述べる。

I 富士山の噴火史

富士山は 99%が玄武岩と呼ばれる粘性の

低いマグマの活動で作られた火山で、安山岩 やデイサイトを主体とする火山が圧倒的に多 い我が国の火山としては特異な存在である。

10万年前に活動を開始し、爆発的噴火や溶岩流噴出を繰り返しながら、2万年前までに3000m級の山体を形成したと考えられている。この時期は氷期にあたり、成長した山頂付近からの爆発的噴火は氷河や積雪を溶かし、土石流を発生させて山体の裾野を拡大させ、優美な富士山の形成にも貢献した。

約2万年前には、成長した山体の頂上付近から南西方向に山体崩壊が発生し、山体を大きくえぐり取るとともに、多量の土砂が岩屑なだれとして流下し、山麓に堆積した。この岩屑なだれは田貫湖岩屑なだれとして知られるが、そのほかにも馬伏川岩屑なだれが山体東部の山体崩壊によって発生した。この時期もおよそ2万年前と考えられる。したがって、当時の富士山の姿は現在とは全く異なるものであった。

この大崩壊の後、約1万7千年前頃から主に大量の溶岩流流出を伴う噴火活動がはじまり、再び山体の成長が行われた。このような活発な溶岩流の活動は約8千年前まで続くが、その後5600年前までは比較的静穏な時期が続き、富士黒土層とよばれる土壌が発達し、富士山周辺の広い地域で認められる。

5600年前からは再び活発な噴火活動を開始し、およそ3000年前には現在の富士山に近い高さと姿が形成された。しかし、2900年前に山体の東側斜面の上部から崩壊が発生して、岩屑なだれが東斜面を駆け下り、箱根山の西斜面に乗り上げて停止した。岩屑なだれの停

止後には緩やかな広い斜面が残され、この上に現在の御殿場市が展開していることから、この堆積物は御殿場岩屑なだれ堆積物と呼ばれている。この山体崩壊は噴火が引き金となって発生したものではなく、富士川河口断層帯での大地震によって山体が揺さぶられ、崩壊に至ったと考えられている。火山体は比較的短い期間に噴出物を積み上げてその高さを獲得したものであり、いわば突貫工事による構造物の形成であるため、脆弱な構造を有している。このため、地震動には弱く、近くで大きな地震が発生すると崩壊しやすいのである。

この御殿場岩層なだれを発生させた山体崩壊によって山体の東斜面には深い谷が形成されたはずであるが、現在はその痕跡は認められない。その後の500年ほどの活発な噴火活動によって、ほぼ完璧に修復されたのである。

2300年前には山頂火口からの爆発的噴火によって東方向に多量の噴出物を降らせるとともに、山頂付近に溶岩流を流出した。現在、山頂火口付近に見られる噴出物はほとんどこの時期のものであり、山頂火口からの噴火はこれが最後となった。これ以降は、山腹にその都度新たにできた火口から噴出物を放出している。

最近 2300 年間には 80 回ほどの噴火が生じているが、いずれも毎回異なる地点に火口を新たに作っている。このことが後に述べるように次期噴火の開始点の予測を困難にしている。噴火の前兆とみなせるような火山活動が見られない、非常に静穏な現時点では、次の噴火が山体のどこから発生するのか予測できないのである。

古文書記録によると歴史時代に入っても平 安時代までは活発な活動が続いたが、その後、 噴火の頻度が減少する(図1)。

(図1)歴史時代の富士山噴火



(注) ▲印は信頼できる古記録から推定された 確実な噴火。

1083年の噴火と1435年の噴火の間の350年間は噴火の記録がない。この時期には国内の安定政権が確立していなかったこともあり、信頼できる歴史書が極端に少ないので、この350年間の噴火空白が事実なのか、あるいは単に記録されることがなかったのかは定かではないが、富士山の山腹に噴火年代の確定していない比較的若い溶岩流などが存在することから、この時期にも噴火があった可能性はあると考えられる。統一政権が安定する江戸時代に入ってからは、噴火などの災害はほぼ確実に記録されたと考えられるので、1707年の宝永噴火後の300年以上の静穏は確実であろう。

Ⅱ 富士山噴火の中・長期予測

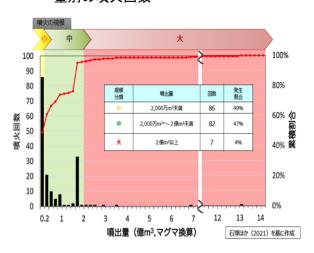
一般に我が国の火山は数十万年から 100 万年の間、噴火活動を行うことからすると、10万年前に活動を開始した富士山は活火山とし

ては非常に若く、このまま噴火活動を停止するとは考えられない。

実際、富士山の直下 15km ほどの深さではマグマや火山ガスなどの流体の移動に関連して生じると思われる深部低周波地震が毎月数回から十数回程度、発生している。しかも、2000年11月から2001年5月にかけては、毎月100回を超える活発な活動があった。富士山深部のマグマ活動は止まっていないのである。

地質調査によって確認された過去の噴火は、5600年前まで遡ると、約180回である。すなわち、平均的には30年に1回は噴火を繰り返していたことになる(図2)。

(図2)富士山における最近 5600 年間の噴出 量別の噴火回数



ところが、1707年以降は300年以上噴火を起こしていない。平均的な噴火間隔の10倍の期間、静寂を保ったままである。このような状況はこれまで活発に活動を繰り返してきた活火山としては異常であり、その意味では今後いつ噴火を起こしても不思議はないと考えられる。

しかし、火山噴火に関して、数年あるいは 数十年先の中・長期予測は困難である。例え ば、歴史時代の富士山の噴火事例(図1)を 参照すると、飛鳥時代から平安時代にかけて は数十年おきに噴火を繰り返したのに対し、 少なくとも 15 世紀以降は 100 年以上の間隔 があるなど、長期的には噴火は不規則である からである。また、他の火山の例になるが、 浅間火山の 20 世紀の活動を見ると、1940 年 台から 1960 年台は年に数百回の爆発を繰り 返すなど、現在の桜島火山とよく似た活発な活動を行っていたが、1973 年以降は 10 年に 1 回程度小規模な噴火を行う火山になった。このように火山噴火は百年単位、千年単位で見ると不規則であることがわかる。このため、富士山の次の噴火がいつ頃になりそうかを噴火履歴から予測することは困難である。噴火 に先駆けて、地震活動や地殻変動などの活動が生じるまでは、噴火時期について予測を行うことはできない。

富士山については、週刊誌などで XX 年 XX 月に噴火するという記事が時折話題になるが、このような時期を指定した噴火予測などは意味がなく、根拠のない予言とみなして差し支えない。

Ⅲ 富士山噴火の短期予測

火山噴火の短期予測は主に地震活動の高まりや地殻変動の観測に基づいて行われる。マグマ噴火が発生する前には、地下深くから高温のマグマが地表近くまで移動してくる。この際に、マグマの通路を作るために途中の岩石が破壊されて地震が起こるとともに、一定量のマグマが地表に接近するために、山体が膨らむなどの地殻変動が生じる。このような、通常とは異なる火山活動を把握して噴火の切迫性を推定する。

富士山については300年以上噴火していないので、地震計などの近代的観測機器で噴火前の異常現象を観測したことはない。このため、他の火山での観測例を参考にして噴火に備えることになる。

桜島では1955年以来、南岳あるいは昭和火口からの噴火が継続している。年間噴火回数

は数百回から千回に達する。桜島の場合は地 下 6 km 程度の深さにあるマグマ溜まりと山 頂火口の間でマグマの通路が確立しているの で、各噴火の前に地震活動が活発化すること はあまり生じない。しかし、マグマの上昇に 応じて、山体がごくわずかではあるが膨張す る。このことを利用して、山麓の坑道内に設 置された精密な伸縮計や傾斜計で地殻変動の 連続観測に基づいて、噴火の直前予測が行わ れている。通常は山体の膨張が始まると数時 間後に噴火が発生する。

浅間山では 2004 年9月以降の数ヶ月間に 断続的に続いた噴火の際に、噴火の数時間か ら 10 数時間前には毎回山体が膨張する傾向 が傾斜計に捉えられ、同時に山頂直下での地 震活動が活発化することが確認された。この ことを利用して、2009年2月の噴火を予測し、 噴火警戒レベルを引き上げて交通規制を行っ たところ、13時間後には予測通りに噴火が発 生した。この噴火で特に被害はなかったが、 強い北風が吹いていたため、大手町でも降灰 が確認されたことで、マスコミに大きく取り 上げられた。

これらの例のように、富士山でも噴火の直 前には山体膨張や地震活動の活発化を観測に よって捉えて、噴火が切迫していることを把 握することは可能であると考えられる。ただ し、予兆を捉えてから噴火に至るまでには十 分な時間があるわけではないことは上記の2 例からも明らかであろう。上記の例は噴出物 量が数万トン以下の小規模噴火であるから、 居住地に影響を及ぼすような規模の大きな噴 火の場合には、予兆がもっと早期に捉えられ るとの期待を抱くかもしれないが、現実には 厳しい。

大規模噴火の例として、富士山のマグマと 同様に、マグマの粘性が低いハワイ、キラウ エア火山で発生した2018年噴火を参照する。 キラウエア火山では 1983 年から 2018 年まで

の35年間、山頂近くの火口から溶岩を絶え間 なく流出していたが、2018年4月突然噴火が 停止した。その後4月30日になって、山頂火 口から東方に 20km ほど離れた山麓にある団 地の直下で突然、地震活動が始まった。群発 地震が継続するなか、5月3日には団地内の 道路を横断する割れ目から水蒸気が噴き上が った。この割れ目は長さ約1km程度であった が、まもなく水蒸気は1200℃のマグマの噴泉 で置き換えられ、割れ目からは溶岩流が流出 し始めた。前兆現象が観測されてから3日間 の猶予しかなかったのである。この噴火は、 噴火のクライマックス期間も3ヶ月で、流出 した溶岩流も30億トンと、富士山で歴史上最 大の噴火である 864~866 年の貞観噴火に酷 似している。

このことからすると、富士山で大規模噴火 が発生する場合でも、前兆が現れてから数日 程度で噴火に至ることは十分に考えられる。 ただし、富士山が300年以上噴火していない ことを考慮すれば、マグマの通り道を確保す るために地震活動がもう少し長い期間続く可 能性はある。しかし、世界の火山で、玄武岩 マグマという富士山に似た化学組成のマグマ を主体とする火山の多くは、前兆となる現象 が観測されてから噴火に至るまでには、長く ても1-2週間しかなかったという事実は承 知しておく必要がある。

また、富士山と同様に玄武岩マグマを噴出 した三宅島 1983 年噴火では、島の直下で地震 活動が突然始まったが、1時間半後には山腹 に数 km の割れ目が出現し、その割れ目から火 のカーテンのようにマグマが噴き上げ、溶岩 流が流出したのである。富士山でも最悪の場 合、前兆現象が観測されて数時間以内に噴火 に至ることもあり得ることは想定しておくべ きであろう。玄武岩マグマの性質からすれば、 地下で 10km 程度の距離をマグマが移動する には、条件さえ整えば1時間程度で済むので ある。

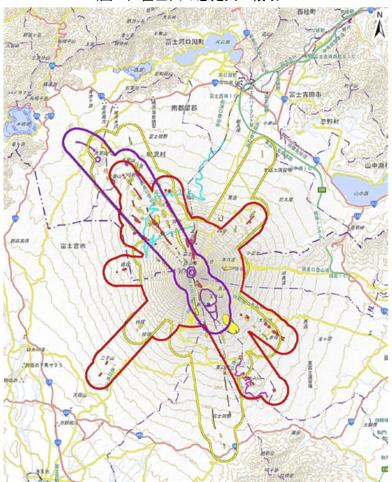
Ⅳ 富士山で次の噴火が始まる場所

富士山の噴火は山頂にある火口から発生するとは限らない。前にも述べたように、山頂火口は2300年前の噴火以来使われたことがない。それ以降でも80回近く噴火を繰り返しているが、いずれも山腹の毎回異なる場所に新たに火口を作り、そこから噴火を開始することを繰り返してきたのである。

富士山の過去の火口が集中するのは、山頂を通る北西・南東方向のゾーンであるが、それとは異なる場所にも火口は存在する。2004年に富士山で最初のハザードマップが公表された後、産業技術総合研究所の地質情報部門

(旧地質調査所)による 10 年以上の集中的な地質調査や、山梨県富士山科学研究所によるトレンチ調査などによって、2004 年当時に想定されていた火口領域の外側にも比較的最近に活動したことのある火口が複数確認された。特に北東側の富士吉田市、南西側の富士宮市の市街地の近くにも過去の火口が確認され、その近くから溶岩が流出するようなことがあれば、市街地が短時間に被災する可能性があることが 2021 年のハザードマップ改定の理由の一つとなった。

過去の火口の分布に基づいて想定された火口範囲は広く(図3)、異常な地震活動などの現象が全く見られない現状では、次の噴火がどこから始まるのかは不明である。



(図3) 富士山の想定火口領域

(注) 紫色:大規模噴火の火口、赤:中規模噴火の火口、黄:小規模噴火の火口。

先に述べたように、噴火に先立って、地震活動や山体膨張が生じることはほぼ確かであるので、直前になれば、どの辺りから噴火しそうかを特定することは可能であると思われるが、短期予測の項で述べたように、せいぜい噴火の数日前になるまでわからない可能性が高い。

Ⅴ 富士山で起こりうる噴火現象

富士山はこれまで様々な様式の噴火を行ってきた。最も多い噴火様式は、溶岩流の流出であり、かつては山頂の火口から溶岩が流出することもあったが、山腹にできた長さ数km程度の割れ目火口からマグマのしぶきを噴き上げるとともに溶岩流を流出することも多い。溶岩流の流下速度は急傾斜の斜面では速いが、山麓の緩傾斜の部分では人が歩く速度よりも遅い場合が多く、適切な避難方向さえ選べば、居住地付近での避難に関して心配しすぎる必要はない。

また、火口からマグマを噴き上げ、火口周辺にマグマの飛沫を積み上げ、すり鉢を逆さにしたような火砕丘を作る噴火も多い。このような噴火が比較的急傾斜の山頂近くで始まると、着地したマグマの飛沫が急斜面上で不安定になり、崩壊して火砕流になることも多い。

通常の火山に見られるような、爆発に伴って大きな岩塊を高速で放出する噴火も起こることがある。このような岩塊を気象庁は「火口から弾道を描いて飛来する大きな噴石」と呼ぶが、通常火口から2km程度の距離にまで達することが多く、激しい爆発の場合は4km程度飛行することもある。

規模の大きな爆発的噴火の場合、噴煙を空高く噴き上げ、噴煙の高さは数十 km まで達することがある。我が国では、高度1万mの成層圏付近では高速のジェット気流と呼ばれる西風がほぼ常時吹いており、この高度近くに

まで達した噴煙はジェット気流に流され、首都圏方向に広がる。

噴煙を構成するのは小さな火山レキ(直径 2~64mm)や火山灰(直径 2 mm 未満)であり、基本的には火口から噴き上げられたマグマが固結したガラスの破片である。大気よりも重いため、風に流されながらも途中で火山レキ、火山灰を降下させ、地表にこれらが堆積することになる。重い物ほど火口からあまり離れないうちに降下・堆積することから、火口に近い領域には粒径の大きな火山レキが堆積し、遠方では細粒の火山灰が降下堆積し、堆積厚さも火口から遠ざかるにつれて次第に薄くなる。

富士山の場合、冬季は積雪で覆われるが、このような状況で噴火が起こると噴出物の熱で積雪が溶けて大量の水が生産され、山頂近くに集中豪雨があった場合のように斜面を流下する。流下途中で地表の岩石や森林を削りつつ、谷筋に沿って山麓に流下することになる。このような現象を融雪型火山泥流と呼ぶが、下流域に多大な土石流や洪水被害などを及ぼすことも多い。

噴火史の項で述べたように、必ずしも噴火に伴うわけではないが、山体崩壊によって岩層なだれが発生することもある。富士山では、この2万年間で少なくとも3回は発生しており、将来的にも起こりうる現象であるが、どのように発生するかも明らかになっていないため、崩壊場所や影響範囲を想定することは困難である。このため、改定されたハザードマップでも実績図を提示するにとどまっている。この現象に対しては今のところ対策の取りようがない。

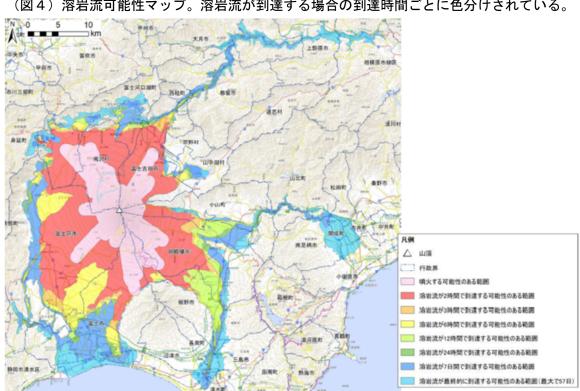
VI 富士山周辺域にのみ影響を及ぼす噴火

大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流、溶 岩流はいずれもその影響範囲がほぼ富士山周 辺に限定される。

ただし、溶岩流は水の流れに似て、地形的 に低い場所に向かって流下するので、溶岩流 を噴出する噴火で、規模が大きい場合は、谷 地形を使って遠方にまで達することがある。 富士山の溶岩流で遠方まで到達したものとし て、約1万年前に流出した、猿橋溶岩と三島 溶岩が知られている。猿橋溶岩は桂川に沿っ て北上し、中央線猿橋駅付近まで分布してい る。現在の桂川の河床面よりは高い位置にあ るが元の河川に沿って流下したものと思われ

る。流出を開始した火口の位置は正確には分 かっていないが少なくとも 30km 以上流下し ている。三島溶岩は黄瀬川に沿って分布し、 約20km南下し、現在でも三島駅近くで観察で きる。

2021年の改定ハザードマップでは、富士山 の東麓から流出した溶岩流が1週間以上かけ て 40km ほど先の小田原市近くまで到達する シミュレーション結果も示されている(図4)。



(図4) 溶岩流可能性マップ。溶岩流が到達する場合の到達時間ごとに色分けされている。

Ⅲ 広域に影響を及ぼす噴火

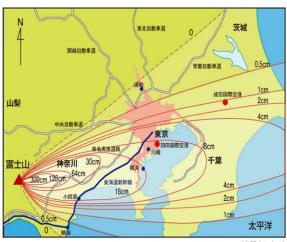
富士山で爆発的噴火が発生した場合、規模 によっては首都圏を含む広域に影響をもたら すことが考えられる。実際、300年前の噴火 では火口から 100km 離れた当時の江戸市中に も火山灰を降らせている。

先に述べたように、爆発的噴火によって噴 煙が1万mあるいはそれ以上に噴き上がった 場合には噴煙がジェット気流によって流され、 首都圏に向かって運ばれる。首都圏上空には、

噴火開始後1時間程度で噴煙が達し、その後 30 分程度で火山灰が地表に降りはじめる。

降り積もる火山レキ、火山灰の量について は、噴火の規模や噴煙の到達高さなどによっ て異なるが、宝永噴火の場合は噴煙高度が初 日には2万mを超え、断続的ながら噴火が続 き、ほぼ2週間にわたって噴煙が1万m以上 に達して、当時の江戸市中でも累積で数 cm 程 度の火山灰が降り積もった(図5)。

(図5) 宝永噴火による火山レキ、火山灰の 分布と堆積厚さ



噴火中で火山灰が空気中を漂っている限り、 航空機は飛行できない。航空機は取り込んだ 空気と燃料を燃焼室で燃やして動力としてい るので、火山灰を含んだ大気を取り込むと火 山灰が燃焼室中で溶融し、エンジンに損傷を 与え、最悪の場合は墜落事故につながる。こ のため、航空機は火山灰が漂っている空域を 飛行することがない。また、空港に少量でも 火山灰が堆積している限り離発着を避ける。

航空機以外の様々なインフラに火山灰がど のような影響を及ぼすのかを簡略化して図6 に示した。

(図6)火山灰のインフラへの影響

項目	事象	降灰量	概要
道路	走行不能	降灰中	視程<30m
		>10cm	(降雨時>3cm)
	速度低下	>1 mm	30km/h
		>2cm	20km/h
		>5cm	10km/h
鉄道	運行停止	>0. 5mm	レールの通電不良
上水道	機能停止	>1cm	濾過機能低下
空調室外機	稼働支障	>5cm	
木造家屋	全壊の恐れ	>45-60cm	
電力	停電	>3mm厚	降雨時の短絡

鉄道は少量の火山灰でも影響を受ける。鉄 道は運行に際し、レールと車両の間に微小な 電流を流して車両の位置を確認している。レ ール上に 0.5mm 以上の厚さの火山灰が積もる

と電流が流れなくなり、車両位置が認識でき なくなるため、鉄道は休止せざるを得ない。 宝永噴火と同様の噴火の場合、噴火開始後3 時間で首都圏の広域に 0.5mm 以上の厚さの火 山灰が降り積もり、その後も厚さは増える一 方なので、首都圏の鉄道網は噴火初期から壊 滅的被害を被ることになる。噴火終了後も全 ての火山灰をレールやレール切り替えのポイ ントから完全に除去しない限り、復旧は望め ない。道路への降灰が続けば自動車も実際上 走行できず、全ての交通機関が影響を受ける。

交通インフラ以外で深刻なのは停電の可能 性である。電柱や変電所の碍子に積もった火 山灰は3mm 程度で停電の原因となる可能性 が高い。火山灰には塩素や硫黄成分が吸着し ており、雨に濡れると水に溶けて導電性にな り、短絡が生じて停電を引き起こすのである。

また、湾岸地域には多数の火力発電所が稼 働し、首都圏に電力を供給している。火力発 電の仕組みは飛行機のエンジンと同様で、燃 料を吸い込んだ多量の空気とともに燃焼室で 燃焼させ、タービンを回して発電する。地上 の設備なので、巨大な空気の取り入れ口には フィルターが設置されているから、噴火中に 運転しても航空機と異なり燃焼室に火山灰が 入り込むことはない。しかし、このフィルタ 一が火山灰で目詰まりすると、発電能力が低 下することになる。適切にフィルター交換が 行われれば良いが、降り積もった火山灰によ る交通麻痺状態の中ではフィルターの配送や 取り替えのための人員確保ができるかどうか 疑わしい。最悪の事態としては発電所の機能 停止のために広域停電が起こることもありう る。

Ⅷ 富士山噴火への対策

1 ハザードマップの整備

火山噴火に備えるには、噴火によって生じ る様々な現象の影響範囲を地図上に示したハ ザードマップを整備し、どの地域にどのような噴火の影響が及ぶかを行政や住民、観光客などが理解しておくことが火山災害を最小限に抑えるための基本である。火山や噴火現象については、研究が進むにつれて新たな知見が得られることから、適切な時期に最新の知見に基づいて改定される必要がある。

富士山でも、2004年に最初のハザードマップが公表されたが、その後の知見の増大によって2021年に改定が行われた。先に述べたように、2004年時には想定されていなかった火口が市街地近くに複数確認されたことや、それまで溶岩流噴火で最大規模とされてきた864-866年の貞観噴火のマグマ噴出量が2004年時の想定量のほぼ2倍にあたる13億立米であることが分かったからである。当時の火砕流の規模に関する想定も、その後の調査結果に基づいて修正されたことも改定の一因である。

このため、想定火口範囲の見直しに加え、 火砕流や溶岩流などの計算機シミュレーショ ンをやり直す必要が生じたが、このシミュレ ーションでも基本となるデジタル地形図の精 度が問題となった。2004 年当時は 200m 四方 の領域を1点の標高データで代表させるとい う、かなり粗い地形データが用いられていた。 これでは、地形が正確に表現されず、それに 基づいた溶岩流シミュレーションでは溶岩流 が横に広がりやすくなり、実際の流れ方を再 現しにくいということが分かったからである。 このため、改定にあたっては1点の標高デー タでは 20m 四方の領域を代表させるという高 精度のデジタル地形を用いた。今回の溶岩流 シミュレーションで旧ハザードマップの場合 と比べ、溶岩流がより速く、より遠くまで届 くという結果が得られているのは、この地形 データが精密化したことと、最大規模の溶岩 流量を見直したことによって、時間当たりの 溶岩流出量が 2004 年時の想定よりも多くな

るように設定されたことによるものであり、 より現実を反映するように改善されたと思われる。

行政はハザードマップに基づいて、避難計画をあらかじめ制定し、住民や観光客を安全な領域へ避難誘導する手立てを用意し、地域防災計画に反映させる必要がある。現在、富士山周辺の火山災害警戒地域に認定された山梨県、静岡県、神奈川県は富士山火山防災対策協議会のもとで、改定ハザードマップと整合的な避難基本計画の改定作業を行っているが、2022年3月に中間報告を公表した。2023年3月に最終報告がなされる予定である。火山災害警戒地域に認定された基礎自治体も中間報告を参照しながら、避難基本計画に沿った地域防災計画の改定準備を行っている。

2 噴火警戒レベルの効果的運用

1990-95年の雲仙噴火で示されたように火砕流に関しては、発生を確認してからその流路に当たる領域から安全な地域に避難することは困難である。時として時速100kmを超える速度で流下するからである。火砕流についてはシェルター等では対応できない。このような現象から生命を守るためには、早期警報システムの確立が必要である。

我が国では、早期警報システムとして、気象庁が24時間体制で監視している49の常時観測火山に5段階のレベルからなる噴火警戒レベルが導入されている。現状では地域防災計画に書き込まれた各地の避難計画において、避難行動などのトリガーはこの噴火警戒レベルに基づいている。しかし、この噴火警戒レベルには課題も多い。

桜島のように頻繁に噴火を繰り返す火山であれば、経験則に基づいて一定程度適切に運用できるが、富士山のように噴火警戒レベルを導入したものの、噴火経験のない火山では警戒レベル引き上げの判断は困難であること

が予想される。

2014年の御嶽山の噴火災害に見られるよう に、噴火頻度の低い火山では警戒レベルの引 き上げが必ずしも適切に行われないことが露 呈した。これは火山噴火の予知技術がまだ不 十分であり、噴火切迫度、噴火規模、噴火様 式の事前推定が経験則による以外には不可能 であることによるのである。したがって、火 山防災のためには、火山噴火予知の研究推進 をこれまで以上に進めるべきであることは言 うまでもない。

このような現状では気象庁は噴火を予知す ることにこだわるのではなく、何らかの異常 が把握された時には噴火警戒レベルを引き上 げるような運用を図るべきである。このよう な運用を可能にするためには、行政はもちろ んのこと住民や登山者も、噴火警戒レベルは あくまでも防災情報であり予知情報ではない ことを理解して、警報の空振りを容認する必 要がある。

3 火山灰対策のためのシミュレーションと 降灰対策

富士山宝永噴火のような大規模爆発的噴火 となると、先に述べたように放出された火山 レキ、火山灰は西風に乗って東方に運ばれ、 堆積することから、被災地域は活動火山対策 特別措置法に定められた富士山の火山災害警 戒地域にとどまらない。神奈川県東部の基礎 自治体や東京都のほぼ全域や千葉県も被災地 域になる可能性がある。

火山灰に関するハザードマップは2004年当 時に火山灰可能性マップとして整備された。 当時から、富士山における爆発的噴火の規模 は1707年の宝永噴火が史上最大規模であると みなされ、それに基づいて火山灰の移流・拡 散シミュレーションが行われていたので、 2021年の改定ハザードマップでは再検討の対 象にならなかった。

しかし、この可能性マップは噴火終了時の 火山灰累積厚さを表示したものであり、噴火 の推移とともにどのような地域に、どのよう な速度で火山灰が堆積していくかは表現され ていない。宝永噴火をモデルとしているので 噴火が16日間継続した結果としての火山灰の 厚さが表示されているのである。16日間も噴 火が継続するという想定で、噴火中はひたす ら建物内で耐え、噴火終了時から復旧作業を 開始するとする方策では、首都圏を含む広大 な領域の経済活動が停止することになり、火 山灰によって首都圏の流通経済が破綻するこ とになるので現実的ではない。

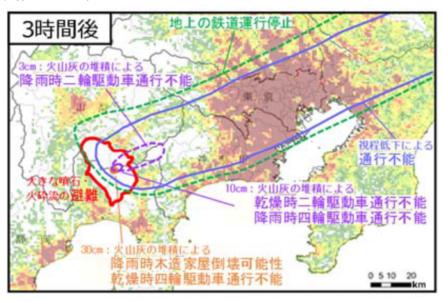
降灰による首都圏の交通麻痺を軽減するた めには、噴火途中でも火山灰除去作業を開始 する必要があり、この前提として、噴火継続 と共に火山灰がどのように堆積するかを把握 する必要がある。2019年4月に中央防災会議 のワーキンググループでは、この検討結果を 公表した。ワーキンググループでは、まず、 宝永噴火の際の火山灰の移流・拡散に関する シミュレーションモデルを作成し、16日間の 噴火終了後の火山灰分布と層厚を再現できる ことを確認した。これによって、宝永噴火と 同様の噴火が当時とは異なる風向きの時期に 起こったとしても、このモデルを使用するこ とによって火山灰の分布や層厚の時間変化を シミュレーションで推定できるようになった。 特定の場所における火山灰の堆積厚さの時々 刻々の増加も推定することができるようにな

この結果を用いると、風向きが首都圏方向 に向かう際の、噴火開始3時間後の火山灰の 堆積による交通インフラへの影響は図7のよ うになる。首都圏の鉄道網は噴火開始後わず かな時間で使用不可能となる。噴火が昼間に 発生するか、夜間に発生するかにより、首都 圏の人流は大きく異なる。昼間に発生した場 合、多数の帰宅困難者を生じ、夜間に発生し

た場合、出勤が困難になるため企業活動が大きく制約される。噴火開始直後は鉄道網の麻痺だけですんでも、噴火が継続するにつれて、通行不可能な道路が拡大することから、首都

圏の交通網は麻痺してしまうことが明確になった。このほか、広範な地域で停電が発生する恐れがあることも明らかになった。

(図7) 噴火開始後3時間で、降灰によって影響を受ける交通インフラの範囲。緑色の波線内の鉄道は運行停止となる。



上述のように300年前の噴火と同規模の爆発的噴火が発生した場合、早期から対策を行わない限り、首都圏の交通網は壊滅的打撃を被る。降灰による被害を軽減するためには、少なくとも幹線道路の除灰作業を噴火最中から24時間体制で行い、物流の確保や急患搬送のための緊急自動車の通行を確保する必要がある。碍子への火山灰付着による停電の回避や復旧を図るためにも、通行の確保は欠かせない。人力による除灰以外に現状では対策がないからである。

噴火中には、緊急的に除去した火山灰を遠 方にまで運搬することは効率的ではないので、 とりあえず、幹線道路の片道2車線のうち、 1車線を啓開し、除去した火山灰は残りの車 線に積み上げておくという方策以外にはない と考えられる。このためには、ホイールロー ダーなどの重機やロードスイーパーなどの確 保・導入手順をあらかじめ想定し、工事業者 などと事前に緊急時の協定を結ぶ必要がある。

事前に取れる火山灰対策は多くはないが、 停電対策として碍子を塩害対策のものに取り 替えるか、電線の地中化を促進して、停電に 対する脆弱性を解消することが望まれる。都 市部での停電は様々な二次災害に波及するの で、広域停電は極力避けるべきである。

ところで、宝永噴火と同等の噴火が発生すると、鉄道や道路、住宅地など居住地域に堆積する火山レキ、火山灰は噴火終了時で約5億立米に達する。これは東日本大震災の際の震災瓦礫の10倍に相当する。焼却処理可能な震災瓦礫とは異なり、火山灰、火山レキはガラス片、岩石片である。焼却は不可能であり、除去したものの一時備蓄場や最終処分場を確保する必要があり、これについても事前に検討しておく必要がある。

ところで、上記の対策は首都圏の火山灰災 害を想定したものであるが、富士山に近い地 域では、数十cmを超える火山レキ、火山灰が 堆積する可能性がある。300年前の噴火では、 このような地域でも人命が失われるようなこ とはなかったことから、格別の避難体制をと ることはなく、降灰中は建物などに入ること とされている。しかし、累積の降灰が30cmを 超える地域で降雨があった際には、一般的な 日本家屋の製の耐荷重を超える可能性がある ことから、堅牢な建物に避難・待機し、救援 を待つなどの対策を講じる必要がある。降灰 量は火口からの距離によって大きく変化する ことから、対策もそれに応じて異なることに なる。降灰時の避難を含めた対策については、 今後とも検討すべきことが多く残されている。

おわりに

富士山周辺域にのみ影響を及ぼす噴火に関しては、適切な避難計画を作成し、それに基づいて避難訓練を繰り返せば、人命の安全を確保することはそれほど困難なことではない。しかし、広域に影響を及ぼす爆発的な大規模噴火で直接的に人命が危うくなることは少ないとは思われるが、首都圏への降灰はインフラの壊滅的混乱を引き起こし、日本経済そのものに深刻な影響を及ぼすであろう。

世界の火山の例を見ても、首都圏のように 高度のインフラが発達した近代都市が降灰被 害に遭遇した例はない。このため、どのよう な対策が有効であるかは未知のことが多い。 富士山が静穏な今から想像力を働かせ、どの ような備えが可能であるか検討する必要があ る。

【参考文献】

・富士山ハザードマップ検討委員会「富士山ハザードマップ検討委員会報告書」内閣府・ 総務省・国土交通省(2004)

https://www.bousai.go.jp/kazan/fuji_map/pdf/report_200406.pdf

・髙田亮ほか「富士山火山地質図 (第2版)」産業技術総合研究所地質調査総合センター (2 016)

https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/fujisan/index.html

・中央防災会議 防災対策実行会議 大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ 「大規模噴火時の広域降灰対策について―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)」内閣府 (2020)

https://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/pdf/syutohonbun.pdf

・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)検討委員会報告書」富士山火山防災対策協議会(2021)

http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/fujisanbousai_houkokusyo.html