

桜島大規模噴火への対応のための火山防災研究構想 Volcanic Disaster Risk Reduction Research Initiative for Response to a Large-Scale Eruption of Sakurajima Volcano

○井口正人・倉元陽明・脇田浩任

○Masato IGUCHI, Yomei KURAMOTO, Hiroto WAKITA

Given the accumulation of magma beneath the Aira caldera north of Sakurajima volcano, there are concerns that a large-scale eruption may occur in the future. A large-scale eruption would not only cause complete destruction on Sakurajima Island, but it could also require evacuation of Kagoshima City due to the massive tephra fall. Kagoshima City established a research center in April 2025 to address the various problems that would arise from a large-scale eruption. First, the research center worked on building a system to identify areas to evacuate from the massive tephra in the event of an imminent eruption.

1. はじめに

桜島火山においては、過去に 17 回の大規模噴火が発生している。文明噴火以降の 550 年に 3 回の大規模噴火（VEI4）が発生しており、大規模噴火の発生頻度が高い状態にある。1914 年大正噴火以降、始良カルデラの地盤は隆起を続けており、隆起量は大正噴火に伴う沈降量に匹敵する。このことから大規模噴火に対応するマグマ量は始良カルデラ下にすでに蓄積されていると考えられる。

大規模噴火の発生が差し迫った段階では、警戒を要する範囲を 7 km とするレベル 4 と 5 の噴火警報が発表される。この場合、鹿児島市は桜島全島に対してそれぞれ高齢者等避難、避難指示を発令し、桜島全島から鹿児島市街地への島外避難が行われる。

噴火警報の対象ではないが、大規模噴火発生時には大量軽石火山灰が鹿児島市街地にも 1 m を超える厚さで堆積する場合が想定される。この場合、鹿児島市は噴火警報発表のタイミングを利用して噴火発生前に高齢者等避難、避難指示を発令し、避難対象地区の市民は他の市町村へマイカーやバス（自治体の手配、公共交通機関等含む）を利用して広域避難することとしている。

2. 研究課題

広域避難に限らず、大規模噴火によって様々な災害が発生し、多様な問題が発生する。大規模噴火発生前には、顕著な地盤変動や規模の大きい火山性地震の群発など強い前兆現象が発生するので、まず、避難という噴火発生前の事前対応が必要で

ある。大規模噴火が始まれば、数億立方メートルの大量の軽石火山灰を噴出するプリニー式噴火が起こり、その後、火砕流が発生し、最終的には 1 立方キロメートルを超える溶岩が流出することが過去の大規模噴火から想定される。噴火活動中は、リアルタイムで噴出物の堆積状況を把握することが、噴火後の初動対応を迅速に行うために極めて、重要になる。噴火活動が低下すれば、大量軽石火山灰の除去など様々な対策を実施する必要がある。特に、大量軽石火山灰が都市化された市街地に堆積した場合、短期間で降灰除去を行うための効率化重要である。プリニー式噴火自体は短期間で終わると考えられるが、噴火活動全体は長期化する。したがって、長期避難対策を充実させる必要がある。噴火活動が収束しても社会インフラが復旧できなければ、避難指示を解除することは困難である。また、過去の大規模噴火では溶岩流と大量軽石火山灰により復旧できず移住に至ったケースも多い。このような大規模噴火により発生する課題を解決するため、鹿児島市は令和 7 年 4 月に桜島火山防災研究所を危機管理課に設置した。研究所で実施する研究は、警戒範囲からの避難から帰宅までを対象とする。また、リスクに対する対応研究だけでなく、リスクを生じさせ、避難、復旧・復興に強く影響する噴火活動推移を常に考慮する。

この研究所では、大規模噴火の発生が差し迫った状況での避難に関する課題に取り組む。実施する課題は以下のとおりである。

- (1) 大量軽石火山灰降下量と災害リスクの関係、

- (2) 避難対象地区を決定するために、軽石火山灰放出量と風速場の予測に基づき、噴火発生前の軽石火山灰堆積量の予測マップを作成し、風速場の予測に応じて順次更新するシステムを開発する。
- (3) 避難指示を噴火発生前の 30 時間（避難に要する想定時間の最大値）以上前に発令するために、噴火発生時刻予測の研究、
- (4) 避難に要する時間を最小化するために、避難のための交通の最適化の研究、
- (5) 市民が大量軽石・火山灰降下からの避難の特性と必要性を理解するための研究を行い、広域避難の認知度を向上させることである。

2025 年 3 月に内閣府が取りまとめた首都圏における広域降灰対策ガイドラインによれば、厚さ 30cm 以上の降灰があった場合、原則避難とされている。桜島から 20 km 以内の距離にある鹿児島市街地においても事前避難を決断するための降灰量の閾値が同様でよいか大量軽石火山灰の堆積のリスクを調査して検討する必要がある。

京都大学防災研究所は地震動と地盤変動からリアルタイムで火山灰噴出率を評価して降灰を予測するシステム (Iguchi et al., 2022) 及び噴火に先行する膨張性地盤変動から噴火の発生時刻及び規模を確率的に予測して降灰を予測するシステム (Iguchi and Ishii, 2025) を開発している。大規模噴火に関する地盤変動や地震動の記録はないが、噴出率の時間関数と噴煙高度を図 1 のように推定した上で、噴火発生までの先行時間のあいまいさ (6 時間後から 36 時間後) について 6 ケース、また、図 1 に示した噴出率の時間関数の 50% から 200% のあいまいさを考慮して、30 ケースの噴出シナリオごとに降灰分布を予測し、ある閾値以上の降灰量となる確率分布を表示するシステムを開発した (図 2)。このシステムでは気象庁の発表するメソ気象モデルに基づいて降灰確率予測を 12 時間ごとに更新する。

風速場は常に変化するので、このシステムにおいては、発生時刻予測が重要である。確度の高い予測発生時刻における降灰分布を重視するなどの処理が考えられる。本来、発生時刻予測から広域避難に要する時間を差し引いた時刻以前に広域避難の意思決定を行う必要がある。発生時刻予測は依然として困難な課題であるが、地震エネルギー

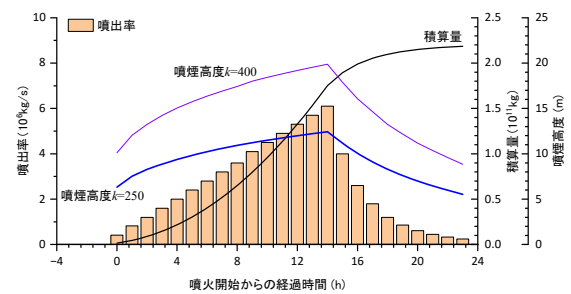


図 1 降灰予測システムにおいて使用する噴出率と噴煙高度 ($k=250$) の時間変化。

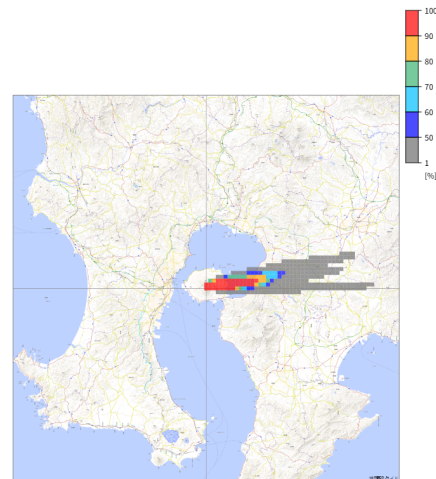


図 2 降灰厚 30cm 以上の確率分布

の加速から評価される発生時刻は重要な情報となり得る。

避難対象地区（避難人口）と避難先を仮定すれば、現在の交通網で避難に要する時間を見積もることは可能である。避難対象地区は大規模噴火発生時の風速場から計算される軽石火山灰堆積域によって決まる。対象地区が広がる可能性や噴火発生時刻予測の不確定さを考慮すれば、避難に要する所要時間を可能な限り最小化する必要がある。そのために、交通流シミュレーションにより最適なルートの分散、避難開始の分散、自家用車以外の避難方法への割り当てを検討する。

2025 年 3 月に鹿児島県が中心となって桜島火山防災協議会の避難計画が策定された。状況に応じて屋内退避、域内避難、広域避難のいずれかを行うことになっている。他の市町村への移動を伴う広域避難の周知については、まず、大規模噴火の発生の可能性や警報、そして広域避難の認知度を調査したうえで、避難先や、避難方法の周知を図るための研究を進める必要がある。