

共同研究成果報告書

火山灰濃度観測手法に関する研究

原子力規制委員会 原子力規制庁

国立大学法人京都大学

国立研究開発法人産業技術総合研究所

令和6年11月

1. 研究目的

火山噴火により生じる降灰現象は、噴火の規模や様式により降灰の状況が大きく異なる。また、噴火時の気象条件によっても大きく影響される。降灰により堆積した火山灰量やその分布はある程度時間が経過しても調査可能であるが、降灰中の気中火山灰濃度（以下「気中火山灰濃度」という。）については、直接観測する以外には堆積量やシミュレーションに基づいて推定することになる。また、直接観測するための手法についても確立されていない状況である。そこで、気中火山灰濃度の正確な値を得るため、既存の装置を組み合わせた観測手法を用いて、その適用性を確認することを目的とする。

2. 研究内容

降灰時の気中火山灰濃度を既存の装置を組み合わせて観測を行う。まず、気中火山灰濃度観測手法について既存の手法を調査し、課題を抽出する。抽出された課題を解決するため、既存の装置を組み合わせた観測手法を用いた観測を実施するとともに、その特性や課題を抽出する。

主な研究項目は、以下のとおり。

- (1) 既存手法の調査
- (2) 火山灰濃度観測手法の検討
- (3) ケーススタディ

3. 実施方法

既存の手法として光学式ディストロメータの雨量計を応用することが三輪ら（2015）¹により報告されている。しかし、光学式ディストロメータ観測で得られるデータ（火山灰の粒径とその落下速度）だけでは、気中火山灰濃度を精度よく求めることはできない。そこで、光学式ディストロメータ、自然落下火山灰採取容器及び吸入型粉塵採取装置を組み合わせて、降灰事象を観測する。また、光学式ディストロメータから得られる火山灰粒子の粒子径と落下速度のデータと、回収した火山灰試料の粒径分布を比較し、降灰中の凝集効果を調べる。

- (1) 既存手法の調査

既存の手法について文献調査を行い、課題を抽出する。

- (2) 火山灰濃度観測手法の検討

光学式ディストロメータ式雨量計、Parsivel2（以下「PS2」という。）、吸入型粉塵採取装置（ACD-200Bobcat、以下「Bobcat」という。）及び自然落下火山灰採取容器（以下「Pail」という。）を組み合わせて、火山灰の降灰状況を観測し、サンプリング間隔、観測点の設定方法等を最適化する。

- (3) ケーススタディ

上記の機器の動作確認等を行った後、活動が活発な火山において降灰観測を実施

する。

4. 研究実施分担

項目	原子力規制庁	京都大学	産業技術総合 研究所
(1) 既存手法の調査	○	○	◎
(2) 火山灰濃度観測手法の検討	◎	○	○
(3) ケーススタディ	○	◎	○

◎：主担当、○：担当

5. 共同研究参加者

区分	氏名	所属部局・職名	本研究における役割
原子力規制庁	安池由幸	技術基盤グループ 地震・津波研究部門 専門職	機器設定と観測
	西来邦章	同グループ 技術研究調査官	観測
	廣井良美	同グループ 技術研究調査官	観測
京都大学	井口正人	京都大学防災研究所 教授	機器開発
	味喜大介	京都大学防災研究所 助教	観測
産業技術総合 研究所	山元孝広	活断層・火山研究部門 総括研究主幹	機器開発 観測
	下司信夫	同部門 研究グループ長	観測
	石塚吉浩	同部門 研究グループ長	観測
	古川竜太	同部門 主任研究員	観測
	及川輝樹	同部門 研究員	観測
	七山 太	地質情報研究部門 上級主任研究員	分析

6. 研究実施工程

項目	年度		平成 29 年度		平成 30 年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
(1) 既存手法の調査						
(2) 火山灰濃度観測手法の検討						

① 機材の調達							
② 調整・動作テスト							
(3) ケーススタディ							

7. 成果概要

高頻度の降灰を伴う活動中の火山は限られているため、降灰中の火山灰を現地で直接観測した報告例は少ない。国内の火山については、古川ら (2015)²が、Pail と Bobcat を組み合わせ、桜島火山の降灰特性を報告しており、Bobcat で捕集された火山灰粒子は地表堆積物と比べて細粒であること、昭和火口から約 12km、標高 721m の高峠地点で約 8 時間、捕集された火山灰量から算出された平均濃度は 2.2mg/m^3 であることを報告した。また、三輪ら (2015)¹は、PS2 を火山灰観測に適用する場合の基礎検討として、採取した火山灰の粒径を揃え、落下試験を実施し PS2 の測定精度を検討している。さらに、小園ら (2015)³及び小園ら (2018)⁴は、桜島火山に PS2 を設置し、降灰時の粒径分布、落下速度の時間変化、レーダーでとらえた噴煙の高度や拡散挙動、噴火に伴う地震等の観測項目を相互に比較し、噴火に伴う地震の振幅と、噴煙高度及び PS2 から得られた粒径・落下速度との間で相関性があることを示した。一方、海外では Freret-Lorgeril et al. (2019)⁵は、Stromboli 火山に PS2 を設置して、粒径と終端速度の観測を行ったことを報告している。

上記の研究例では、降灰時に火山灰が凝集することを示唆する観測データが得られたことを報告しているが、定量的な結果は得られていない。その理由は、従来の降灰観測は火山灰の収集や光学式ディストロメータを利用した無人観測が基本であったことによると考えられる。つまり、降灰中の火山灰の挙動を目視できない場合、PS2 で検知できない微細な火山灰のみの降灰による堆積を除くことができない。また、噴火毎に降灰重量を計測できないため、降灰中の粒径分布と堆積した火山灰の粒径分布の差異を正確に議論できない可能性がある。そこで、本研究では高頻度で噴火する桜島火山の近傍において、PS2、Bobcat 及び Pail をセットで用い、降灰している場所での観測を行った。

桜島火山の南岳火口から直線距離で約 2.5km の位置において、小規模な 7 回の噴火で 7 ケースの PS2、Bobcat 及び Pail による観測データセットが得られた (降灰中の火山灰粒径分布と粒径毎の落下速度、最終的に着地した火山灰の粒径分布、浮遊している火山灰の粒径分布のデータセット)。PS2 の観測データからは降灰時の火山灰粒径と落下速度及びその個数が得られる。火山灰粒子を真球、密度を岩片密度 2500kg/m^3 として降灰量 (g) を検知面積 (0.0054m^2) で除して単位表面積当たりの降灰量 (g/m^2) を求めた。Bobcat は、外気を $0.2\text{m}^3/\text{min}$ の一定流量で吸引し、フィルターで火山灰を回収することから、フィルターに捕捉された火山灰重量 (g) と吸引した空気量 (m^3) から降灰濃度 (g/m^3) を求めた。Pail に回収された火山灰重量 (g) を Pail の開口部面積 (0.0706m^2)

で除して単位表面積当たりの降灰量 (g/m^2) を求めた。Bobcat 及び Pail で回収した火山灰の粒径分布 (火山灰粒子の個数とその粒径、割合) を測定した。なお、降灰時間については、PS2 が降灰を検知した時間とした。

7 ケースの粒径分布と降灰量 (g/m^2) のデータを比較すると、PS2 の粒径分布の中央粒径 (粒度分布の中央値) が全てのケースで約 0.5mm であったが、2 ケースを除いて Pail では細粒側へ、Bobcat ではさらに細粒側へシフトする結果となった。降灰量 (g/m^2) は、1 ケースを除いて Pail と比較して PS2 が 4 倍以上多くなる結果となった。降灰時の火山灰濃度については、Pail の降灰量 (g/m^2) と平均の落下速度 (1.1m/s) 及び降灰時間 (s) から求めた平均火山灰濃度と Bobcat (g/m^3) から求められる平均火山灰濃度の値を比較した結果、1 ケースを除いて同等の値となった。

降灰量が Pail < PS2 のケース (10 倍以上) では Pail で回収された 0.3mm 以下の火山灰の割合が約 80% であったが、0.3mm 以下の火山灰は PS2 では検出されず、落下速度が 1~1.9m/s の火山灰粒子 (0.5mm~1.0mm の粒径の火山灰粒子) の割合が約 80% であった。つまり、降灰した火山灰の大半が 0.3mm 以下の細粒であったが、降灰時には凝集により粒径が 0.5~1.0mm の火山灰として落下していることを示唆している。このような傾向は、全ての観測データに見られた。

本研究で得られた観測データが少なく凝集した火山灰の割合を定量的に評価することは出来ていないが、本手法で降灰現象を直接観測することにより降灰時の火山灰濃度を正確に実測することが可能である。また、降灰時には火山灰が凝集していることを示唆するデータが得られた。一方で、桜島火山の周囲に 2~3km 間隔で常設の PS2 の観測点を設置しているが、常設観測点の配置が噴火の規模、風向・風力の条件に見合うようなケースは少ないことが課題となった。常設観測点に加えて風向・風力に応じた移動観測を行い、極狭い範囲で起こる降灰を確実に観測することが、観測データの蓄積、定量的な評価につながると考えられる。

上記のとおり、本研究で得られた観測データが少なく凝集した火山灰の割合を定量的には評価できなかったため、学会発表等はしていない。ただし、既存の装置を組み合わせた観測手法の適用性を確認するという目的は、一定程度達成できたと考える。次の研究フェーズでは、観測データを増やすことを目指す。

8. 公表成果一覧

なし。

9. 参考文献

- 1 三輪学央、真木雅之、小園誠史、藤田英輔、棚田俊收、井口正人、「パーシベルを用いた桜島産火山噴出物の落下速度に関する実験的測定」、京都大学防災研究所年

- 報、58 卷、B、pp. 91-94、平成 25 年
- 2 古川 竜太、山元 孝広、石塚 吉浩、下司 信夫、七山 太、及川 輝樹、大石 雅之、「桜島火山におけるブルカノ式噴火の火山灰粒度特性と粒子濃度」、日本火山学会講演予稿集、p. 76、平成 25 年
 - 3 小園誠史、三輪学央、眞木雅之、前坂 剛、味喜大介、井口正人、「桜島火山におけるパーシベルによる降下火山灰の観測」、京都大学防災研究所年報、58 卷 B、pp. 86-90、平成 25 年
 - 4 小園誠史、前坂 剛、三輪学央、眞木雅之、味喜大介、井口正人、「桜島火山における火山灰降下過程の特徴：光学的ディストロメータによる長期連続観測」、日本火山学会講演予稿集、p. 59、平成 30 年
 - 5 Freret-Lorgeril, V., Donnadiou, F., Eychenne, J., Soriaux, C., Latchimy, T., “ In situ terminal settling velocity measurements at Stromboli volcano: Input from physical characterization of ash”, *Earth, Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 374, pp. 62-79 2019.