

# 共同研究成果報告書

## 火山灰濃度観測手法に関する研究Ⅱ

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は、噴火の規模や様式によりそ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。平成 29～30 年度に行った降灰観測（原子力規制庁・京都大学・産業技術総合研究所 共同研究「火山灰濃度観測手法に関する研究」、以下「前フェーズ」という。）では、桜島火山の小規模な噴火の 7 ケースの観測データが得られ、降灰時における気中火山灰濃度を算出した。また、微細な粒径の火山灰が存在し、それらは凝集して降灰すること、凝集した火山灰は堆積時に分散する可能性があることを示唆するデータが得られた。

本研究は、前フェーズで確立した光学式ディストロメーター（Parsivel2、以下「PS2」という。）、自然落下火山灰採取容器（以下「Pail」という。）及び吸入型粉塵採取装置（ACD-200Bobcat、以下「Bobcat」という。）を組み合わせた手法による降灰挙動の観測を継続し、観測事例を蓄積することにより、降灰時の火山灰挙動について定量的な評価を行うための基礎データを得ることを目的としている。

## 2. 研究内容

前フェーズにおいて降灰時の火山灰濃度を直接観測した 7 ケースのデータが得られている。これらを基に、降灰量と降灰時の気中火山灰濃度の関係を調べた結果、火山灰が凝集して落下することを示唆するデータが得られた。

本研究では、桜島火山を中心に火山灰濃度観測を継続して観測データを蓄積し、降灰時の火山灰の挙動をより詳細に解析する。具体的には、小規模な噴火でも降灰が期待できる火口近傍や風下側での移動観測体制を構築して降灰データを取得する。

## 3. 実施方法

これまでに、PS2、Pail 及び Bobcat を組み合わせることにより、降灰挙動をより詳細に把握することが可能になり、降灰時の気中火山灰濃度も推定することが可能になった。そこで、これらを 3 セット用意して、火口近傍や風向から降灰軸を予測する移動観測を行う。

### （1）火山灰濃度観測

桜島火山等、降灰が期待される火山の周辺で、PS2、Pail 及び Bobcat による降灰観測を行うことにより観測データを蓄積する。

### （2）火山灰分析（粒径・組成等）

火山灰濃度観測で回収されたデータを分析する。具体的には、PS2 で検知された火山灰の粒径、粒径毎の数及び落下速度、Pail で回収された火山灰の重量及び粒径分布、

並びに Bobcat で回収された火山灰の重量及び粒径分布を分析する。粒径分布の分析に当たっては、粒子径状解析装置 (Morphologi-G3) を用いて取得した画像解析により測定する。

### (3) 降灰挙動解析

上記 (1) 及び (2) で得られた観測及び分析データを基に、PS2 で検知された火山灰粒径から見積もった火山灰重量 (火山灰の形状を真球、火山灰密度を  $2.5\text{g/cm}^3$  と仮定) 及び粒径分布と Pail で回収した火山灰重量及び粒径分布を比較する。

なお、PS2 の検知エリアを  $0.0054\text{m}^2$ 、Pail は開口部の面積を  $0.0706\text{m}^2$  として、火山灰重量は  $1\text{m}^2$  当たりの重量に換算する。

また、気中火山灰濃度 ( $\text{g/m}^3$ ) については、Pail で回収された  $1\text{m}^2$  当たりの火山灰重量と落下速度及び降灰時間から算出するとともに、Bobcat で回収した火山灰重量及び吸引した空気量 ( $0.2\text{m}^3/\text{min}$ ) から求める。

## 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) 火山灰濃度観測	◎	○	○
(2) 火山灰分析	○	○	◎
(3) 降灰挙動解析	○	◎	○

◎ : 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	観測、解析
京都大学	井口正人	京都大学防災研究所 教授	観測支援、解析支援
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	観測支援
	下司信夫	同部門 研究グループ長	観測支援、分析
	古川竜太	同部門 主任研究員	観測支援、分析

## 6. 研究実施工程

年 度 項 目	令和1年度		令和2年度		令和3年度	
	上期	下期	上期	下期	上期	下期
(1) 火山灰濃度観測						
(2) 火山灰分析						
(3) 降灰挙動解析						

## 7. 成果概要

前フェーズにおいて、PS2、Bobcat 及び Pail を用いた降灰事象の直接観測により、中火山灰濃度及び降灰時の凝集を観測できる可能性を示唆するデータが得られた。また、降灰が噴火時の上空や地上の風向・風速に大きく依存するとともに、噴火の規模によっては、ごく狭い範囲でしか降灰を観測できないことから、多くの観測データを得るために、観測点を移動させる必要があることがわかった。そこで、本研究では風向・風力に応じて移動観測を行い、前フェーズと合わせて 19 ケースの観測データ（2019 年 10 月～2020 年 3 月）を得ることができた。ただし、2020 年 4 月以降は COVID-19 による観測機会の制限及び桜島火山の活動が低下したため、観測データは得られなかった。

本研究で新たに得られた 12 ケースのデータセットも、前フェーズと同様に PS2 で得られた降下火山灰の中央粒径と Pail で回収された火山灰の中央粒径に差異が生じているケースがあった。このような差異が生じたケースでは、PS2 で検知された火山灰データから見積もった火山灰重量と Pail の火山灰重量に 2～10 倍程度の差異が生じた。

PS2 と Pail の火山灰重量に差異が生じたケースでは、PS2 の粒径分布が粗粒側に広がる傾向が見られ、PS2 で検知された粗粒火山灰は Pail では回収されていない。これは、静電気や空気中の水分等による粒子間の弱い結合で凝集した細粒が降灰し、堆積時に回収容器や堆積粒子との衝突により細粒になったと推定される。この推定について、PS2 と Pail から求めた火山灰重量、火山灰の粒径と落下速度について考察した。

火山灰重量が Pail < PS2 のケース（10 倍以上）では、Pail で回収された火山灰の中央粒径が 0.3mm（約 80%）であったが、PS2 で検知された火山灰の中央粒径は 0.5mm～1.0mm（約 80%）の範囲であった。このため、PS2 で検知された火山灰粒子の落下速度と火山灰粒径の関係を調べた。火山灰の粒径と密度、落下速度を実験で求めた Suzuki（1983）<sup>1</sup>では、粒径 0.3～0.5mm で、密度 2.5g/cm<sup>3</sup> の火山灰粒子は 1～2m/s で落下することを示している。火山灰重量の見積もりが Pail < PS2 のケースでは、火山灰の粒径に対して落下速度が遅い火山灰が多く存在した。例えば、降灰時には 0.5～1.0mm の火山灰として落下しているが、当該粒径の岩片密度（2.5g/cm<sup>3</sup>）の粒子の落下速度（1～2m/s）より遅いケース等である。すなわち、見掛け密度（PS2 で検知された火山灰の粒子の質

量を粒子間の空隙を含めた火山灰粒子が占める体積で除した値)の小さい火山灰が降灰したことを示唆している。つまり、火山灰重量が  $\text{Pail} < \text{PS2}$  となったケースの  $\text{PS2}$  で検知された火山灰は、見掛け密度の小さい凝集火山灰であることを示唆している。

一方で、 $\text{PS2}$  と  $\text{Pail}$  から見積もった火山灰重量が同等か  $\text{Pail} > \text{PS2}$  となったケースでは、降灰粒子の中央粒径と粒径分布の差異が小さく、降灰時の火山灰の見掛け密度は岩片密度と同等の落下速度の火山灰粒子の割合が多いケースであった。

降灰中の気中火山灰濃度は、 $\text{Pail}$ 、 $\text{PS2}$  及び  $\text{Bobcat}$  で回収された火山灰重量から算出した。 $\text{Pail}$  から求めた気中火山灰濃度は  $0.1\text{g/m}^3$  以下のケースが多く、最大でも  $0.28\text{g/m}^3$  となった。 $\text{Bobcat}$  の場合も同様であるが、降灰粒子の粒径に対して落下速度が遅い降灰の場合、気中火山灰濃度が高い傾向にある。また、凝集した火山灰粒子が落下後に細粒となって再浮遊することが目視観測等から推測された。現時点では、これらを明確に識別するための観測データが少ないため、今後、観測を継続し、データを拡充する予定である。

## 8. 公表成果一覧

Yasuike, Y., Iguchi, M., Furukawa, R., Yamamoto, T., “In-situ observation of volcanic ash concentrations at the Sakurajima volcano”, *Cities on Volcanoes* 11, 2022.

## 9. 参考文献

1. Suzuki, T., “A theoretical model for dispersion of tephra.”, *InArc Volcanism : Physics and Tectonics*, pp.95-113, 1983.