

スポットライト

～第9回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

ほこりセンサを用いた桜島の降灰濃度測定器

鹿児島県立国分高等学校 サイエンス部 3年

川崎拓真 児玉健登 上口知優

1. 研究目的

鹿児島の活火山である桜島では、1914年に起こった大正噴火において噴煙が上空8000mまで到達し、大きな被害があった⁽¹⁾。現在も桜島は噴火を続けており、噴火口より20km以内の33か所の観測点での降灰量の2022年の累計は約20.7 kg/m²であった⁽²⁾。観測点の一つである鹿児島気象台では、ステンレス製のトレーに24時間のうちに積もった灰の質量を測り、それを1m²当たりの値に換算したものを降灰量としている。火山灰は、粒子の重さによって地表に落下するまでの時間が異なり、特に細かい火山灰は空气中に長時間滞留する。そのため、空气中に浮遊している火山灰の量を測る新たな測定方法を確立したいと考えた。一方で降雨観測に用いられるXバンドマルチパラメータ(MP)レーダによる降灰量測定も試みられているが⁽³⁾、実装化には至っていない。

本研究では、空気清浄機などで使用されるほこりセンサを用い、浮遊している火山灰量をリアルタイムで測定することが可能な降灰量測定装置を開発することを目的とし、そのための基礎研究としてほこりセンサを用いた火山灰の質量測定器の開発を行った。

2. 研究方法

(1) 火山灰の測定装置の開発

桜島から噴出されて大気中に浮遊する桜島の火山灰が、ほこりセンサ(GP2Y1010AU, シャープ社製)を通過することにより、ほこりセンサが大気中の火山灰濃度に比例した電圧を出力するものと仮定し、測定を行った。ほこりセンサの制御とデータ収集はマイコンボード(Arduino UNO R3)とパーソナルコンピュータ(PC)で行った。

また、桜島の火山灰の降灰量が正しく測定できるかを確かめるために、国分高校の屋上で採取した桜島の火山灰をほこりセンサに通過させ、通過した火山灰の質量(g)を電子天秤で測定し、ほこりセンサより得られた電圧値(V)と比較・校正を行った。図1は本研究で作製した装置の模式図である。

(2) 粒径の異なる火山灰の測定

火山灰の粒径の違いにより測定値に差が出るかを調べるた

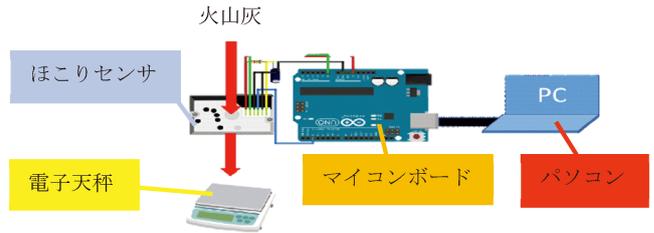


図1 本研究で作製した装置の模式図。(オンラインカラー)

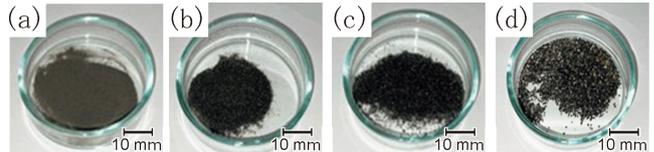


図2 粒径ごとにふるいで分けた各火山灰 (a) 粒径0~75 μm, (b) 75~250 μm, (c) 250~425 μm, (d) 425~810 μm). (オンラインカラー)

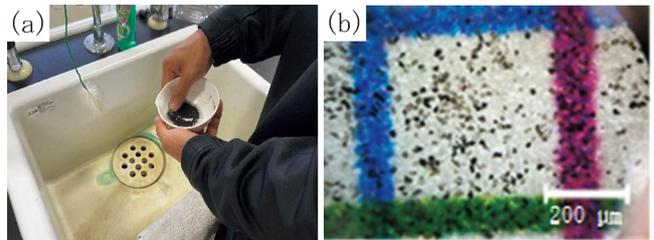


図3 (a) 押し洗いの様子, (b) 光学顕微鏡で観察した火山灰 (粒径0~75 μm). (オンラインカラー)

めに、ふるいを使って図2のように4種類に分けた。分けた火山灰をそれぞれ、2.(1)に記述した方法でほこりセンサに通過させて測定した。また、図2は粒径ごとにふるいで分けた火山灰である。

(3) 火山灰中の鉱物の観察と同定

火山灰の鉱物成分の観察と同定をするために、参考文献⁽⁴⁾をもとにふるいで分けた火山灰を粒径ごとに蒸発皿に入れ、濁りがなくなるまで押し洗いをし、その後乾燥させ、実体顕微鏡(BA80-6S, 島津社製)で観察した(図3)。

3. 結果と考察

(1) 火山灰の測定装置

ふるいなしの火山灰を測定し、グラフの横軸に火山灰の質量 m (g)、縦軸に電圧の積算値 V (V)をとると、図4のように灰の質量が1.0g以上で電圧の積算値が飽和しているように見えた。また、火山灰の質量が0~1.0gの範囲で、ほこりセンサを通過した火山灰の質量とほこりセンサの出力電圧の積算値には正の相関性が見られ、 $V=am$ の関係式で整理するとグラフの傾き a は $81 \text{ V} \cdot \text{g}^{-1}$ となり、直線性を表す決定係数 R^2 の値が0.97となった。実際の火山灰に相当するふ

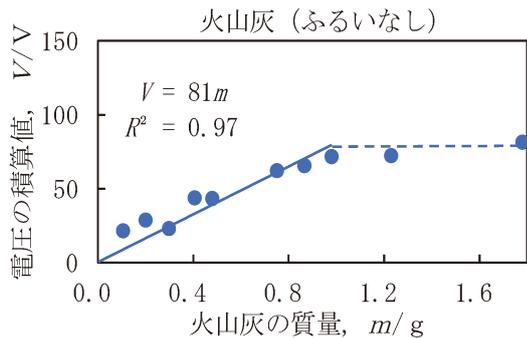


図4 ふるいで分けていない火山灰の測定。(オンラインカラー)

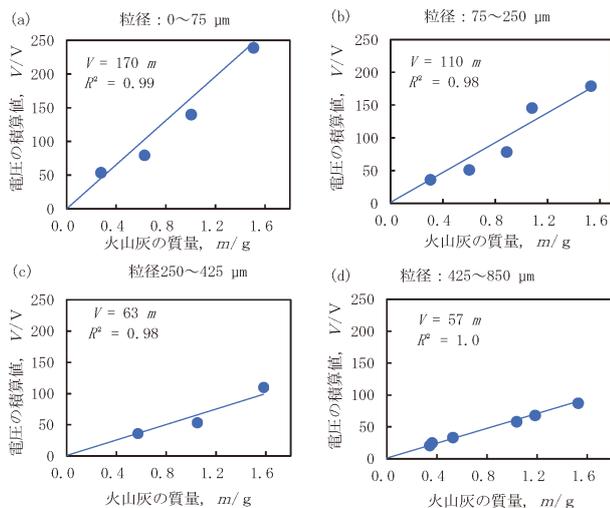


図5 粒径ごとの火山灰測定器の電圧値(積算値) (a) 粒径0～75 μm, (b) 75～250 μm, (c) 250～425 μm, (d) 425～810 μm。(オンラインカラー)

るいなしの火山灰であっても、ほこりセンサで火山灰の量を測定できることがわかった。

(2) 粒径ごとの火山灰の測定

粒径でふるいわけた火山灰4種を測定し、3.(1)と同じようにグラフを作成したところ、図5のようにいずれの粒径でも正の相関性が見られた。また、 $V=am$ の関係式で整理すると表1に示したように各粒径(a) 0～75 μm, (b) 75～250 μm, (c) 250～425 μm, (d) 425～810 μmに対してグラフの傾きはそれぞれ $170 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$, $110 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$, $63 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$, $57 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$ となり、直線性を表す決定係数 R^2 の値はそれぞれ0.99, 0.98, 0.98, 1.00と、粒径ごとではほぼ変わらない結果となった。粒径が小さくなるほどグラフの傾きが大きくなった。

3.(1)では火山灰の質量が1.0 gまでであれば、測定装置において質量と電圧には線形性があった。一方、3.(2)における図5では、火山灰の質量が1.0 g以上の値もデータとして採用可能であった。これは様々な粒径の火山灰が混在していた3.(1)の試料では、質量が増大するほど粒径の小さい火山灰の粒子による影響が大きくなったためだと考えられる。

また、ふるいなし火山灰の質量が1.0 gの時、電圧の積算

表1 火山灰の粒径ごとの傾きおよび R^2 値。

粒径	(a)	(b)	(c)	(d)	ふるいなし
	0～75 μm	75～250 μm	250～425 μm	425～810 μm	
傾き	$170 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$	$110 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$	$63 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$	$57 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$	$81 \text{ V}\cdot\text{g}^{-1}$
R^2	0.99	0.98	0.98	1.0	0.97

表2 桜島火山灰の粒径ごとの各鉱物の割合(%)。

鉱物名	粒径	(a)	(b)	(c)	(d)	ふるいなし
		0～75 μm	75～250 μm	250～425 μm	425～810 μm	
無色鉱物	石英	13.5	12.7	7.1	4.4	13.2
	長石	24.6	22.8	16.1	5.4	26.4
	計	38.1	35.5	23.2	9.8	39.6
有色鉱物	輝石	57.4	30.9	63.6	64.1	49.4
	磁鉄鉱	4.5	33.6	13.2	26.1	11.0
	計	61.9	64.5	76.8	90.2	60.4

値が一定になった理由としては、粒形が810 μm以上の火山灰が存在していることが関係していると思われる。

(3) 火山灰中の鉱物の観察と同定

火山灰の粒径ごとの鉱物の割合について、表2にまとめた。

粒径が大きくなるにつれて無色鉱物(石英と長石の和)の割合が大きくなっている。逆に粒径が小さくなるにつれて有色鉱物(輝石と磁鉄鉱)の割合が大きくなっている。

一般に、粒径が小さいほど石英、長石の含有量が多くなっていることから、無色鉱物の反射率の増大のため、表2で示すように粒径が小さくなるほど灰の質量に対する出力電圧が上昇し、グラフの傾きが大きくなるという結果になったと考えられる。

4. まとめ

- ほこりセンサは4000円と安く、ほこりセンサを用いた火山灰の質量測定器を安価に作る事ができた。
- 本研究で作製した装置を用いて、ほこりセンサを通過した火山灰の質量を測ることができた。
- 火山灰に含まれる成分によってはほこりセンサの粒径ごとの火山灰に対する測定結果に差が出る事が分かった。

5. 今後の展望

- 実際に桜島付近に火山灰の降灰量測定器を設置し、野外で

の測定を試みる。その後、観測地を増やして鹿児島県の桜島降灰量データと比較する。

- 火山灰の成分以外がほこりセンサの反応に与える影響を、実験を通して明らかにする。
- ほこりセンサを用いた降灰濃度測定器の開発を行う。

文 献

- (1) 鹿児島県：鹿児島島の火山 防災ガイド BOOK，桜島大正大噴火100周年事業実行委員会，(2013)。
- (2) 鹿児島県 危機管理防災局危機管理課「桜島降灰量観測結果」<http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/sakurajima/sakurajimakouhairyou2.html>(2024年4月2日閲覧)
- (3) 安田成夫，梶尾義雄，國友 優：京都大学防災研究所年報，**55B**(2012)，1-8。
- (4) 野尻湖火山灰グループ：新版 火山灰分析の手引き，地学団体研究会，(2001)，2-32。
(2023年5月29日受理)[doi:10.2320/materia.63.417]
(連絡先：〒899-4332 霧島市国分中央2-8-1)



～美しい金属の写真～

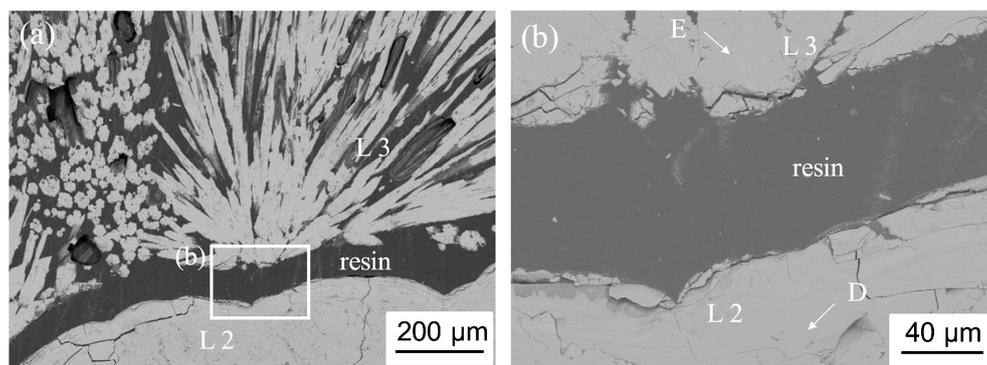


Fig. 7 Backscattered electron image at L2 and L3 layers (a) shown in Fig. 3 and magnified image of their interface (b). Analysis points of D and E are indicated in (b).

<A Model of Scale Formation on Inner Carbon Steel Pipe Walls for Transporting Hot Spring Water :
Motoaki Morita and Osamu Umezawa: Mater. Trans., **57** (2016), 1652-1659 より転載>