

噴火中の火山における自動降灰・降雨量計の観測結果と機能検討

日本工営株式会社 正会員 ○福田謙太郎 非会員 小原大輔 田島靖久 松岡暁 下村幸男
 国土交通省 大隅河川国道事務所 武士俊也 鶴本慎治郎 下窪和洋 阿蘇修一
 独立行政法人 土木研究所 木佐洋志 山越隆雄 田村圭司

1 はじめに

火山噴火活動に伴い降下した火山灰や火砕流堆積物に覆われた溪流では、その後の降雨によって容易に土石流が発生することが知られており、その傾向は火山灰等の堆積量が増大すると顕著になると言われている。さらに、堆積した火山灰は雪のように溶けないため、生活や交通確保のため除去、運搬等を行うことも考えられる。このように噴火による火山灰の堆積は人間生活に大きな影響を与えるため、その分布範囲や堆積量を迅速かつ精度良く推定することは防災上重要なテーマとなる。そこで、噴火中に極力人間が近づくことなく、火山灰の堆積質量・厚さをモニタリングする手法として、自動降灰・降雨量計を開発^{1,2)}し、桜島にて運用を図っている。本稿では当装置による火山灰堆積量の連続観測結果とその機能検討について報告する。

2 自動降灰・降雨量計の概要

2.1 機能概要

開発した自動降灰・降雨量計(特願 2008-084320)は、ロードセルで得られた灰と水の合計質量と水位計で得られた計測水位(灰と水の合計体積)に基づき、火山灰堆積重量と降雨量を計測するものである(図-1参照)。火山灰と雨水の各々の質量は、観測地点周辺の過去に堆積した火山灰の土粒子の真密度を用いて計算で求める。更に、過去に堆積した火山灰層のみかけ堆積密度(単位体積質量)の値を用いて、火山灰の質量を厚さに換算することもできる。自動降灰・降雨量計の装置構造としては、捕灰タンク(内径 20cm、高さ 30cm の円筒形)の下にそれを支持するロードセルがあり、そのタンク内にはフロート式の磁歪式水位センサが設置されている。当装置には下記の特徴がある。

- (1) 自動排水機構を備えており、容器底からの排水(火山灰層を通過)中の水頭変化によって容器内に堆積した火山灰層の透水係数を測定できる。この機構は設定した時間になると自動的にタンク下部にある排水弁が開いて、設定した水位まで水を排水するものである。
- (2) ある水位以上になると堆積土砂上部から排水を行い、雨水のオーバーフローを回避することにより、降雨量計の役割を合わせ持つ。

電源供給はソーラーパネルとバッテリーよりなされる。データ通信には携帯電話を使用し、定時において通信が可能である。測定部下部にはステンレス製の収納箱(30cm の立方形)が設置され、その中にデータロガーやバッテリー、携帯電話などのデータ収録部や電源供給部、通信部等が収納されている。

収納箱の下部には、傾斜地においても安定的かつ水平に設置できるように、梯子状の架台が設置されている。この基礎フレームには水平を保つ機構を持ち、45度以下の斜面であれば設置が可能である。安定性は、梯子状の基礎フレーム(30cm 程度のアンカー約 10 本で固定)上に土嚢を 10~20 袋(200~400kg) 載荷することで保たれる。装置の重量は、本体や安定架台を含め全部材で約 60kg 程度であり、タンク・収納箱・設置架台を分割して人力運搬が可能である。装置の組立・設置は数人にて半日程度で可能である。

3 連続観測結果

3.1 設置地点

開発した装置 2 基を桜島の図-2 に示す位置に設置し、運用を開始している。有村地点は平成 20 年 3 月、昭和溶岩地点は平成 20 年 9 月に設置した。測定間隔を 1 時間として連続的に記録を取得している。設置の状況は図-3 のとおりである。温度変化の影響を軽減するため、装置全体を断熱シートで覆っている。

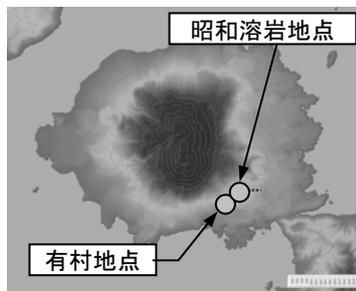


図-2 装置設置位置



図-3 装置設置状況

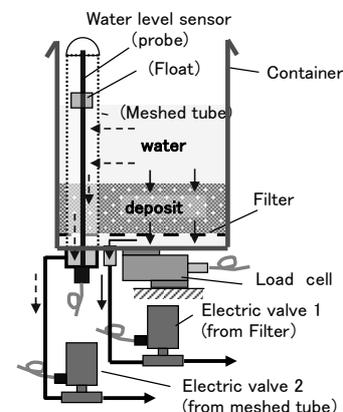


図-1 自動降灰・降雨量計の模式図

キーワード：火山灰、自動降雨・降灰量計、火山灰堆積重量、透水試験

連絡先(日本工営株式会社：茨城県つくば市稲荷原 2304 TEL：029-871-2037、国土交通省 大隅河川国道事務所：鹿児島県肝属郡肝属町新富 1013-1 TEL：0994-65-2541、独立行政法人 土木研究所：茨城県つくば市南原 1-6 TEL：029-879-6700)

3.2 降灰量測定機能

図-4は有村地点の2008年12月から2010年3月中旬までの火山灰重量の測定結果である。当初は現在ほど活発でなかったが、2009年7月頃から小噴火の頻度が増加している。図-5は気象庁の観測データ³⁾に基づく昭和火口の月別噴火回数である。火山灰堆積重量としては、2009年12月までは噴火活動に伴って緩やかな増加傾向を示しているが、12月以降では急激な増加傾向を示しており、3月中旬までに約51000g/m²の堆積量が認められている。図-4中には、気象庁の火山観測報⁴⁾に基づく2008年12月～2010年3月に発生した噴火の噴煙流向を併記している。主要な流向は南東であり、昭和火口での噴火回数が増加したほかに、流向の影響も加わったため、有村地点における堆積量が急増したものと考えられる。

2010年3月中旬時点において、タンク内の堆積火山灰すべてを採取して乾燥重量を実測し、当装置による堆積重量と比較した。その結果、前者が2028.9gに対し、後者が2165gであり、誤差は7%程度であった。また、計測装置においては、デフォルト値として、土粒子密度2.64(g/cm³)、乾燥密度1.50(g/cm³)を仮定して、火山灰の堆積重量や堆積厚を推定している。現地を実測した採取火山灰の土粒子密度は2.648(g/cm³)であり、乾燥密度は1.45(g/cm³)であった。仮定したデフォルト値についても妥当であるものと考えられる。また、晴天時に降灰している時間帯における水位上昇量と火山灰重量の増加量から火山灰の土粒子密度を逆算することができる。検討の結果、逆算値は2.66(g/cm³)となり、前記した実測値2.648(g/cm³)との整合性は良く、この降灰・降雨量計の用途として、降下した火山灰の土粒子密度の推定も可能であることが実証された。

3.3 透水試験機能

前述のように、当該機能は予め設定された時間に排水バルブを自動的に開き、時間と水位を計測する(10秒間隔測定)もので、本試験は変水位透水試験法の範疇に入る。代表事例として、昭和溶岩地点における2009年11月12日に実施された透水試験結果を図-6に示す。本試験においては、4.125cmの水位低下(排水時間720秒)が見られた。このときの火山灰堆積厚を考慮し透水係数を推定すると、 1.26×10^{-3} (cm/sec)であった。筆者らが2010年1月に降灰量計設置地点近傍で採取した火山灰の飽和透水係数の計測結果によると、 $2.2 \times 10^{-3} \sim 4.2 \times 10^{-4}$ cm/secであり、本試験結果と概ね整合している。今後、火山灰の透水係数の経年変化をモニタリングすることで、火山灰が土石流発生の危険度評価をより現実的に行うことが期待される。

3.4 降雨量測定機能

2009年7月下旬を例とした昭和溶岩地点における自動降灰・降雨量計の水位換算雨量と近傍の地上雨量計データとの比較を図-7に示す。図より換算した雨量と雨量計の時間雨量データとの整合性は良いことが分かる。今後は10分間雨量等のより短時間の降雨強度の再現精度の検証が課題である。

4 まとめと課題

本稿では、噴火中に極力人間が近づくことなく、火山灰の堆積質量・厚さをモニタリングする手法として開発した自動降灰・降雨量計の桜島での運用と連続観測結果(降灰量観測主体)について述べた。今後も継続的にモニタリングして、火山灰の量だけでなく質に関するパラメータの把握を検証していきたいと考えている。

参考文献 1) 柳町ほか：噴火中の火山における火山灰調査法について(その2)、平成18年度砂防学会研究発表会概要集, pp.464-465, 2006. 2) 小原ほか：自動降灰・降雨量計の開発, 平成21年度地球惑星合同学会発表予稿集, 2009. 3) 気象庁：火山活動解説資料. 4) 気象庁：噴火に関する火山観測報.

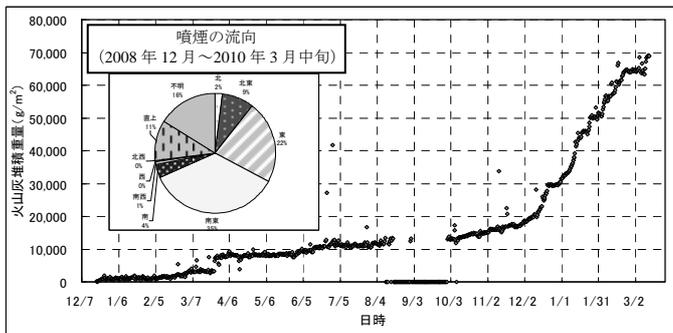


図-4 自動降灰・降雨量計(有村地点)の連続観測状況

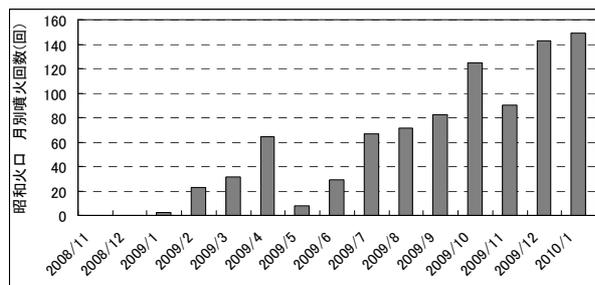


図-5 昭和火口の月別噴火回数(気象庁データによる)

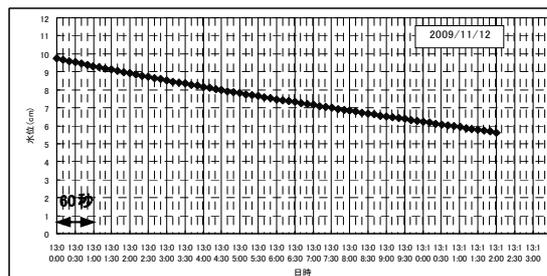


図-6 自動降灰・降雨量計による透水試験状況(試験期間：2009年11月12日)

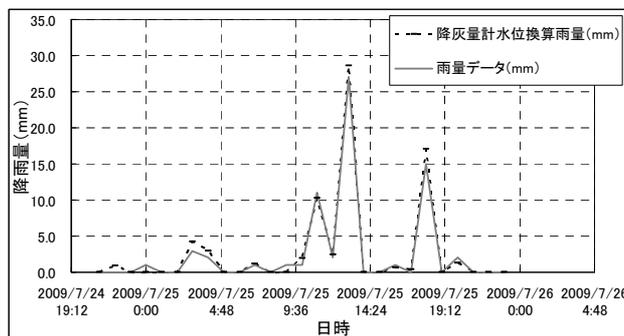


図-7 水位換算雨量と雨量データとの比較