

桜島における自動降灰・降雨量計による連続観測

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

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(紙面の都合上、今回は降灰量観測結果を主体とした)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(特許出願:特願 2008-084320)は、ロードセルで得られた計測質量と水位計で得られた計測水頭位に基づき、火山灰堆積質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)中の水頭位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、設定した水頭位まで水を排水するものである。
- ② ある水頭位以上となるとタンク下部から排水を行い、雨水によるタンク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。

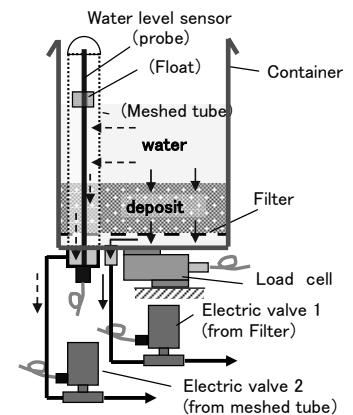


図-1 自動降灰・降雨量計の模式図

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。また、測定部下部にはステンレス製の収納箱(30cmの立方体)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、梯子状の安定架台が設置されている。基礎フレームに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)を載荷することで保たれる。当装置では、本体や安定架台を含め全部材で総計60kg程度であり、タンク・収納箱・設置架台を分解して人力運搬が可能である。装置の組立・設置は数人程度の人数にて半日程度で、火山活動の前兆期のような緊急時にも対応が可能である。

3 連続観測結果

3.1 設置地点

開発した装置2器を桜島へ設置し、運用を開始した。設置地点を図-2に示す。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。測定間隔は1時間で連続的に記録している。また、設置状況を図-3に示す。装置への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。

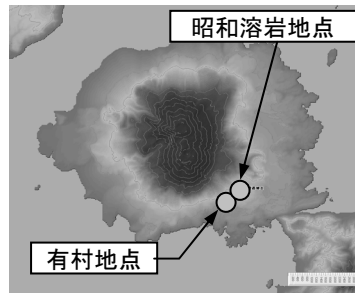


図-2 装置設置位置



図-3 装置設置状況

3.2 連続観測結果

自動降灰・降雨量計の連続観測記録として、有村地点の火山灰堆積重量(単位面積当たり)の推移を図-4に示す。観測期間としては、2008年12月から2010年3月中旬までである。当初は現在ほど活発でな

かった桜島の火山活動は、2009年7月頃から活発化している。ここで、気象庁の観測データ³⁾に基づく昭和火口の

月別噴火回数を図-5 に示す。火山灰堆積量としては、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。一方、12月以降は急激な増加傾向を示しており、3月中旬まで約1600gの堆積量増加が認められている。図-6には、気象庁の火山観測報⁴⁾に基づく2009年12月～2010年3月に発生した噴火の噴煙流向を示す。主要な流向は南東であり、これは有村地点に向かう方向である。図-5のように、昭和火口での噴火回数が増加したほか、流向も南東方向になったため、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、室内試験にて重量を実測し、当装置による堆積重量と比較した。その結果、室内実測値が2028.9gに対し、装置による計測値が2165gであり、概ね整合する計測値が得られた

と考えられる。また、装置においては、デフォルト値として、土粒子密度 $2.64(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、乾燥密度 $1.50(\text{g}/\text{cm}^3)$ を仮定して、火山灰の堆積重量や堆積厚を推定している。一方、現地でも実測した採取火山灰の土粒子密度は $2.648(\text{g}/\text{cm}^3)$ であり、乾燥密度は $1.45(\text{g}/\text{cm}^3)$ 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、データの活用として、晴天時に降灰している時間帯における水位上昇量と重量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。逆算値は $2.66(\text{g}/\text{cm}^3)$ となり、前記した実測値 $2.648(\text{g}/\text{cm}^3)$ 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 透水試験結果

自動降灰・降雨量計は透水試験機能を有する。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に分類されるものである。代表事例として、昭和溶岩地点における2009年4月26日と2009年11月12日に実施された透水試験結果を図-7に示す。本試験においては、4月26日の事例で4.855cmの水位低下(排水時間100秒)、11月12日の事例で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、4月26日で $4.36 \times 10^{-3}(\text{cm}/\text{sec})$ となり、11月12日の事例で $1.26 \times 10^{-3}(\text{cm}/\text{sec})$ であった。データ計測事例は少ないものの、11月の事例では透水係数が低くなっていることが分かる。この要因としては、火山灰層の圧密が促進されたことなどが挙げられる。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、 $2.2 \times 10^{-3} \sim 4.2 \times 10^{-4} \text{cm}/\text{sec}$ 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に及ぼす影響が定量的に把握できるものと期待される。

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、桜島火山灰の量だけでなく質に関するパラメータの把握を実施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.

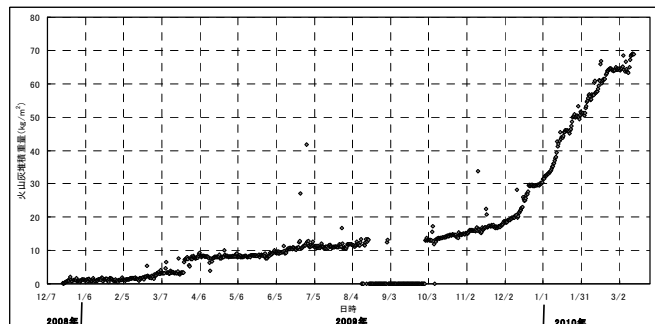


図-4 自動降灰・降雨量計(有村地点)の連続観測状況

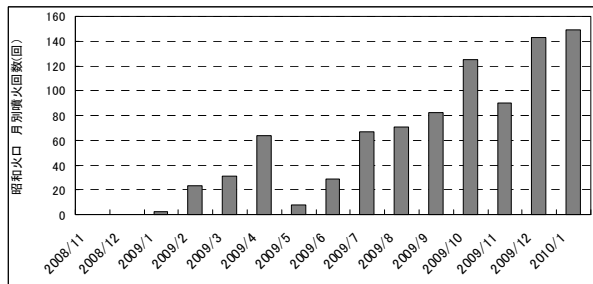


図-5 昭和火口の月別噴火回数(気象庁データによる)

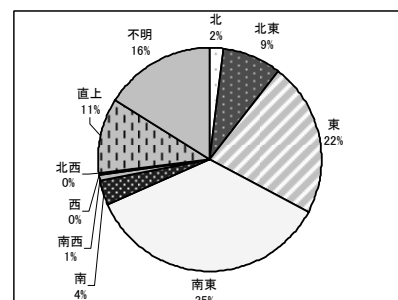


図-6 噴煙の流向

(気象庁データによる2009年12月～2010年3月中旬までの噴火を対象)

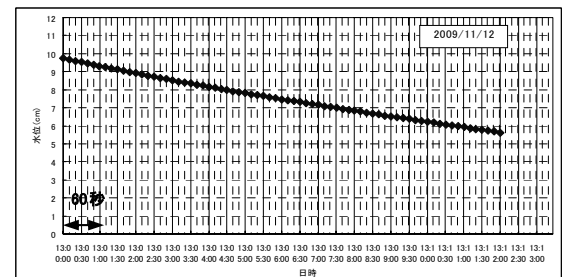
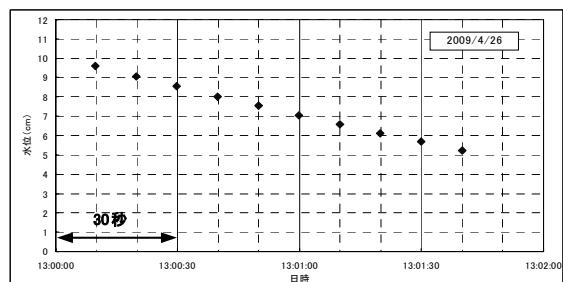


図-7 自動降灰・降雨量計による透水試験状況(上:2009年4月26日、下:2009年11月12日)