

独立行政法人土木研究所 ○柳町年輝 山越隆雄 栗原淳一
日本工営株式会社 下村幸男 田島靖久 小原大輔

1. はじめに

噴火中の火山において、その周辺の火山灰堆積厚分布を調べることは、土石流の発生する危険性を評価する上で重要である。しかし、火山灰堆積厚分布を調べるには、噴火中の火山に人が接近する必要があるため危険性を伴い噴火後に現地調査を行っているのが現状である。そこで、人が火山に接近することなく調査可能な手法である①リモートセンシング技術、②無人機械、③地上設置型観測機器の適用、④降灰量計の開発等について平成16年度から具体的な利用方法等の検討を行っている。¹⁾今回は、開発中の降灰量計の暴露試験結果と、上記の体系的な調査法の提案について発表を行う。

2. 降灰量計の暴露試験結果について

降灰量計とは、水を張ったドラム缶に重さを量るロードセルと水位計を設置し、重量と水位を計測することにより降雨と降灰を分離し降灰量を計測する計測器である。必要とされる精度は、土石流が発生しやすくなる下限値が10cm程度と考えられていることから、10cm以上の堆積厚分布が把握できる精度を目標としている。具体的に計測データから降灰の堆積厚 L を求めるには(1)式を用いる。

$$L = \frac{(W - S \times D \times \rho_w) \times \rho_s}{(\rho_s - \rho_w) \times \rho_d \times S} \dots (1)$$

L : 堆積火山灰の厚さ、 W : 全重量、 S : ドラム缶の断面積、 D : 水+飽和堆積火山灰の深さ、 ρ_w : 水の密度、 ρ_s : 火山灰の土粒子のみかけ密度、 ρ_d : 火山灰の乾燥密度

前回の報告は降灰量計の原理のみの報告であったが、今回は、室内動作試験および実際に屋外に設置して、降灰量計の問題点・解決方法について検討した。

2. 1 室内動作試験結果

(1) 豊浦標準砂による試験

火山灰の代わりに豊浦標準砂を捕灰用タンクに投入し動作試験を行った。豊浦標準砂を計7回に分け投入した結果、重量および堆積厚の誤差率は5%程度におさまりほぼ実測値と計算値が合う結果が得られた。

(2) 火山灰による試験

過去に採取しておいた、三宅島2000年噴火における火山灰(細粒及びスコリア)を使用し動作試験を行った。

細粒火山灰およびスコリアを約3.0kgそれぞれ投入した結果、重量に関しては細粒火山灰およびスコリア共に豊浦標準砂同様5%以内の誤差率に収まりほぼ実測値と計算値が合う結果が得られた。しかし堆積厚に関する誤差率は、細粒火山灰およびスコリアにおいては、20%程度の誤差が生じた。堆積厚の誤差を少なくするには、土粒子密度には粒子内部の空隙を含めた見かけ密度を用い、堆積火山灰の乾燥密度には、近傍に堆積した過去の密度を用いるなどの設定値に関する検討が必要である。

2. 2 屋外暴露試験結果

実際に屋外に設置した際の問題点等を洗い出すため、敷地内の屋外に降灰量計を設置し暴露試験を行った。暴露試験に際して出てきた問題点としては、①外気温に対応した温度ドリフトの影響、②捕灰用タンク内の水分蒸発の2点が挙げられた。

(1) 温度ドリフトの傾向と対策

暴露試験期間中の無降雨期間においても重量の上下変動(日変動)が観測され、外気温と追従していることから、外気温によるロードセルのドリフトの影響が考えられる。変動量は最大で約3kgf、堆積厚に換算すると0.6cmの誤差となった。気温との相関関係を調べると1℃あたり約0.15kgf程度の重量増加が認められ、外気温も同時に計測し温度補正を行うことにより対策が可能である。

(2) 捕灰用タンク内の水分蒸発の傾向と対策

水分蒸発の傾向を把握するため、水のみポリ容器と水分蒸発

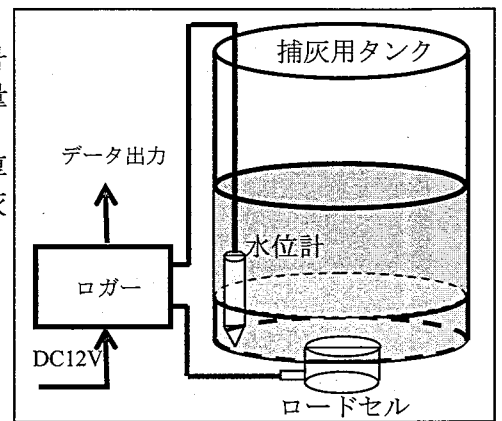


図-1 降灰量計

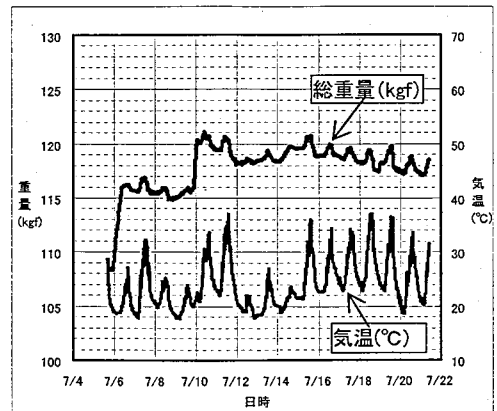


図-2 総重量と外気温の関係

防止オイルを入れた各 3 種類（エンジンオイル、サラダオイル、いっ水式雨雪量計の蒸発防止用オイル）×4 オイル量（1, 3, 5, 10g）のポリ容器とを野外に設置し重量測定を行うことにより、水分蒸発量と水分蒸発防止オイルの最適種と量の検討を行った。

8 月から 9 月にかけて約 3 週間試験をしたところ、水の場合総重量の約 15% 蒸発し、最も蒸発が抑えられたのはエンジンオイルを 10g（油膜厚 0.1cm）入れた場合で、蒸発量は 1% 未満であった。またオイル量は、5g（油膜厚 0.05cm）以上にすると蒸発が抑えられる事が分かった。この必要量は油膜厚に関係すると考えられ、油膜厚 0.05cm を図-1 に示す降灰量計に換算すると（表面積 2524cm²×油膜厚 0.05cm×密度 0.88g/cm³より）オイルの必要量は、約 111g に相当する。

3. 体系的な火山灰調査法の提案

火山噴火は噴火様式・規模により降灰範囲や降灰量が変化する、また各測定手法にも特徴があり、噴火様式・規模に対しそれぞれの観測手法を総合的に組み合わせ、それぞれの特徴を生かした計測手法の体系化が必要である。各測定法の特徴を表-1 に示す。²⁾

表-1 各火山灰調査表の特徴

	リモートセンシング		無人機械	地上設置型観測機器		現地調査 (有人観測)
	人工衛星	航空機等(レーザー計)	(無人ヘリ、無人重機等)	積雪深計・監視カメラ等	降灰量計	
長所	・降灰の堆積範囲を広域に短時間で計測可能	・広域(衛星よりは範囲が狭い)を短時間で降灰範囲・堆積厚を高精度に計測可能	・限られた範囲において詳細な調査が可能	・既設観測機器の活用が可能 ・リアルタイムに観測可能	・積雪深計等の観測機器より安価 ・リアルタイムに観測可能 ・比較対象物がいらぬ直接計測手法	・詳細な調査が可能 ・火山灰の採取が可能
短所	・天候や衛星が周回する事によるタイミングの不一致等により計測不可能な場合がある。 ・堆積厚は概略でしか計測できない	・天候や噴火により飛行禁止区域が設定される等により計測不可能な場合がある	・計測可能な範囲が狭く(数km程度)、広域な調査には向かない	・ポイントのみの計測 ・積雪深計は積雪量との分離が困難、監視カメラは夜間や天候が悪い場合計測不可能な場合がある	・ポイントのみの計測 ・別途火山灰の密度が必要	・危険を伴い、立ち入り禁止場所の計測は不可能 ・広範囲に関しては、時間がかかる
厚さ精度	—	対空標識があれば数cm程度	比較対象物があれば数cm～数十cm程度	数cm～数十cm程度	数cm程度	数mm程度
特徴	広域の面的な測定		限られた範囲での測定	ポイントでの測定		詳細な調査

これらの特徴から、実際の火山灰調査法としては、地上設置型観測機器・降灰量計等によるリアルタイム計測→衛星・航空機等リモセンによる面的観測→機動観測（無人機械・巡視等）によるポイントでの計測の様に段階的に、火山灰の堆積分布図（等層厚線図）の精度を向上していく方法で運用することを提案する。

4. まとめと今後の課題

降灰量計の室内動作試験および屋外暴露試験を行った結果、降灰量計の正常な動作が確認されたが、外気温や水分の蒸発等の問題点が判明し、その対策案を提示した。現在、実際の降灰が occurring する現地において試験観測を行っている。また、今後の課題としては、降灰量計の小形化等が挙げられる。

火山灰調査法においては、箇々の計測手法の火山灰調査適用性のさらなる検証が必要である。例えば航空機等のリモートセンシングによる観測においては、対空標識の試作・適用性の検討、無人機械による観測においては、降灰地域において実機テスト等を行う必要性がある。

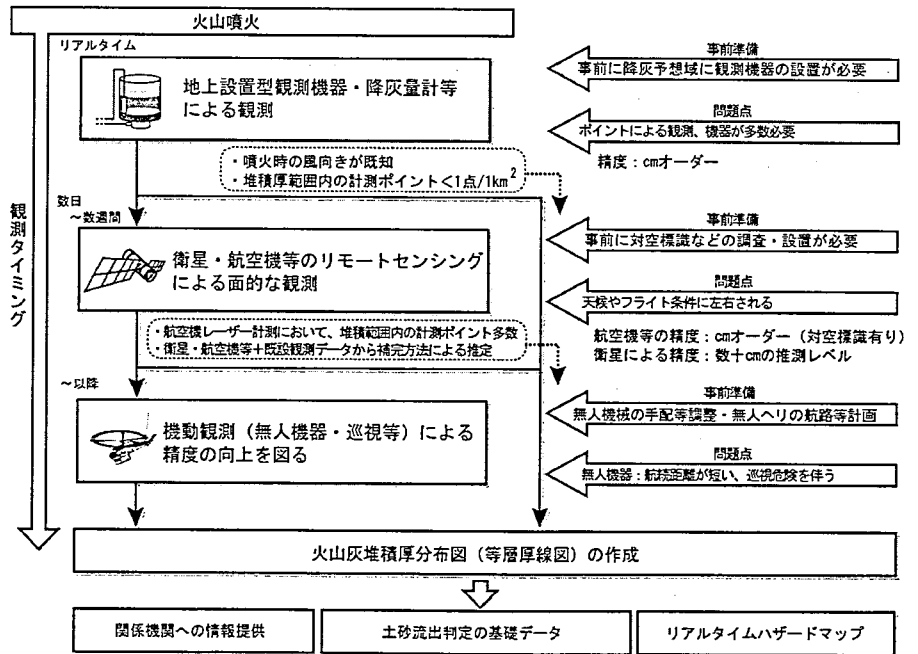


図-3 火山灰堆積厚計測運用フロー

5. 参考文献

- 1) 山越ほか：噴火中の火山における火山灰堆積厚調査手法について、平成 17 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.364～365
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所：災害時被害把握へのリモートセンシング技術の適用マニュアル(案)、国土技術政策総合研究所資料 第 159 号