

継続的な火山灰堆積厚さの計測手法の検討

国土交通省九州地方整備局九州技術事務所 坂井 佑介, 山口 学, 平野 礼

日本工営株式会社 ○川原 慎一郎, 田方 智, 木佐 洋志, 小林 豊

1. はじめに

土砂災害防止法では、重大な土砂災害が急迫している状況において、緊急調査を国が実施することとなっており、その着手の判断は“火山灰堆積厚1cm以上の堆積範囲”がひとつの判断指標となっている。2011年新燃岳噴火時には、火山灰堆積範囲の把握として、定面積サンプリングによる方法を主体に降灰調査がなされた。一方、阿蘇山の2014年11月以降の噴火事例のように火山噴火活動が長期化し、小規模な降灰が継続する場合、現地斜面での火山灰堆積厚さの継続的な計測が必要となるが、火山灰の堆積厚さは降雨による侵食や二次堆積、圧密、風による飛散等により変化するため、数mmから1cm程度の堆積厚さは、現地計測が難しい。火山灰堆積厚さの地上での現地計測の手法としては、a) 斜面を掘削して火山灰堆積厚さを計測する手法（以下、「斜面を掘削する手法」とする）、b) 斜面にスケールを設置して堆積厚さの変化を読み取る手法（以下、「スケールを設置する手法」とする）等がある。本稿では、これらの手法によるモニタリングを桜島の火山灰堆積斜面および人工的に設営した斜面において実施し、各手法の計測上の留意点の把握や、計測し易くする工夫等の検討を行った結果を報告するものである。なお、モニタリング期間中は、桜島噴火に伴う降灰がなかったことから、定期的に人工的な降灰を実施した。また、新たにc) 非接触方式による火山灰堆積厚さの計測手法として、3Dスキャナーを用いた計測手法を桜島にて試行した。

2. 斜面を掘削する手法

2.1 計測箇所および計測手順

斜面を掘削する手法は、勾配や地被状況など計測環境が異なる桜島島内の7箇所の自然斜面において実施した。地被状況は裸地や草本等の植生が多く分布する斜面、落葉が多く分布する斜面等とし、勾配が5~15°程度の斜面や平坦に近い火山灰堆積地とした。第1回目の計測時に次回以降の掘削予定箇所を設定し（図-1左）、計測は次の方法で実施した。1) はじめに火山灰堆積斜面をヘラで掘削し、計測断面が鉛直方向になるように整形した。2) 断面を観察し、計測の基準高さとなる元地表面の位置を確認した。3) 定規を沿え、元地表から計測時の地表高さまでを火山灰堆積厚さとして定規の目盛りを読み取った（図-1右）。

2.2 継続的な計測のための課題

モニタリングにおいて得られた課題や問題を整理すると次のような課題が挙げられた。

- ・元地表に不陸がある地表に火山灰が堆積した斜面では、掘削した断面において、元地表の高さが異なり、計測場所により計測値が大きく異なる場合があった。

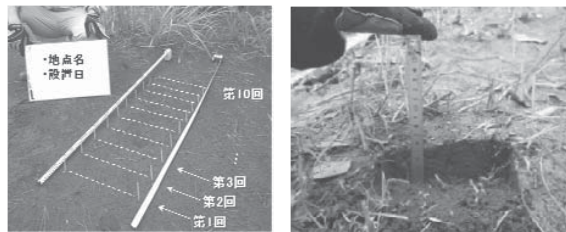


図-1 斜面を掘削する手法の計測箇所設定例(左)と計測例(右)

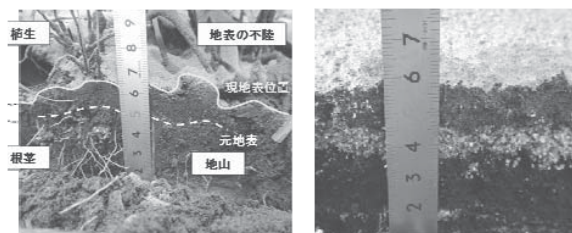


図-2 植生が多く分布する斜面の掘削断面の例

図-3 砂を撒く手法

- ・植生が多く分布する斜面では、根茎があると掘削しづらかったり、ヘラが根茎にひっかかたりして掘削時に火山灰堆積層の表層が攪乱されてしまうことがあった。
- ・掘削予定箇所の両端に目印として、竹串を設置していた自然斜面では、動物等により計測予定範囲を荒らされることが複数の箇所であつた。モニタリング箇所を再設定する必要が生じた。

2.3 計測の基準高さの明確化に関する検討

2.2で挙げられた斜面を掘削する手法に関する課題のうち、「計測の基準高さが不明瞭」であるために計測箇所の判断がつかなくなったり、計測値が掘削断面どこで計測するかで大きく変わったりすることは、計測値を得るうえで問題となる。この課題に対して、計測の基準高さを明確化する方法を検討した。計測スケール（数mmから1cm程度）に対し不陸の大きい自然斜面や人工斜面において、計測の第1回目に人工的な基準高さを作成する次の手法を試行した。1) 砂を撒き均一な地表面を作る手法（以下、「砂を撒く手法」）、2) カラースプレーを地表に塗布する手法、3) 粗度付きシートを地表に敷設する手法とした。

継続的な計測を通じて、次の結果が得られた。

- ・砂を撒く手法は、対策無しに比べ、基準面が明確になり計測し易くなる。また、数ミリの不陸のある斜面でも平坦な基準面を作成することができた。
- ・カラースプレー斜面は、長期間のモニタリングでは、カラースプレーの色落ちが生じ、境界面が不明瞭となる。
- ・粗度付きシートは長期間のモニタリングを通じ、降雨により粗度が消失したり、シートが破れたりして継続的な計測に不向きであった。

以上から、今回試行した中では砂を撒く手法が最も基準高さが明確となり、継続的なモニタリングが可能であることが確認できた。また、砂を撒く手法は、不陸がある場合でも地表面に散布することで、地被状態に左右されず平坦面（基準面）を設定することができ有効な手法と考えられる。

3. スケールを設置する手法

3.1 計測箇所および計測手順

スケールを設置する手法は、桜島島内に設置した人工斜面に、目盛り付きのスケール（定規）や目盛りのない細串等を鉛直方向に斜面に複数本を差し込み設置した。定規を設置する場合は、表面侵食・堆積等により定規周辺への土砂・火山灰の二次堆積を避けるために、定規の目盛り表示面が斜面傾斜方向と同一となる向きとした。定規を設置した計測では、定規の設置時の地表面の目盛り読み取り値を初期値として、計測値から初期値を差し引くことで火山灰堆積厚さとした。目盛りのない細串を設置する手法では、細串の上端から地表までの高さを、定規をあてて計測した。

3.2 継続的な計測から得られた事項

継続的な計測から得られた事項として、スケールを設置する手法においては、以下の事項が得られた。

- ・スケールを設置する手法のうち、定規を斜面に設置して読み取る手法は、計測に特に判断を必要とせず、継続的に計測できた。また、前回値との比較が容易であった。
- ・2回目以降の計測時には、火山灰スケール面に火山灰が付着しており、そのままでは目盛りの読み取りができない場合が多かった（図-3）。これは図-4に示すように降雨の前後で定規に土砂が付着していたため、雨滴衝撃による土砂跳ねが原因と考えられた。

このことより、計測前には定規の目盛り面の清掃の手間を要するものの、スケールを設置する手法は継続的な計測が可能であった。



図-3 降雨により火山灰が定規に付着した状況の例

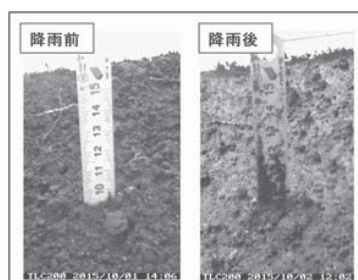


図-4 降雨により定規に土砂が付着した状況の例

4. 3D スキャナーによる計測手法

可搬式かつ小型で現場への携行が可能である3D スキャナーを用いた火山灰堆積厚さの計測を試行した。計測には3D systems 社の Sense を使用した。この機器と専用ソフトウェアにより、赤外レーザーを 30fps で照射し対象物の三次元モデルが作成される。この機器の仕様上の分解能は、対象物からの距離が 0.5m で x および y 方向が 0.9mm、深度 z 方向が 1mm である。事前に室内試験において、3D スキャナーに滑車を取り付け、0.5m の高さに設置したガイドレール上から水平方向に走査し、厚さの異なる複数のアルミ平板を計測した。その結果、いずれの厚さのアルミ平板においても鉛直方向に 1mm 以内の精度が得られた（図-5）。

桜島の火山灰堆積斜面において、3D スキャナーによる計測を試行した。計測を行った斜面は、地表面の中央に表面流が流れた痕跡がみられ、細かい起伏のある勾配 12° 程度の斜面であった。ノートパソコンに接続した 3D スキャナー、レールおよびその支持杭、基準高さとなる基準板を左右に配置し、火山灰堆積表面から 50cm 程度の高さより、および 0.5m² の範囲の火山灰堆積斜面をスキャンした（図-6）。その後、斜面に 0.85mm 以下の火山灰を人工的に降灰させた。降灰後の堆積厚の増加（実測値）の平均値は 12.6mm であった。降灰後に 3D スキャナーによりスキャンを行った。基準高さからの比高差の変化を算出すると、平均で 10.0mm の増加があり、実測値との差は 2.6mm であった。降灰前の細かい起伏のある斜面形状と、人工降灰後の比較的なだらかになった斜面形状の変化も、三次元化された地形モデルに反映されていた。3D スキャナーを用いた手法は、火山灰堆積斜面において一定の精度で継続的に計測ができる可能性があり、今後もその適用性について検討が必要と考えられる。

平板の実際の厚さ (mm)	計測値 (mm)	差異 (mm)
平板1mm	1.3	0.3
平板2mm	2.8	0.8
平板4mm	4.5	0.5
平板6mm	6.4	0.4
平板12mm	12.3	0.3
平板16mm	16.0	0.0

図-5 3D スキャナーによる厚さの計測精度検証



図-6 3D スキャナーを用いた火山灰堆積斜面のスキャン作業状況（左）とスキャン結果（右）

桜島における現地計測に際して、大隅河川国道事務所桜島砂防出張所に計測箇所への立ち入り、計測箇所等の便宜を図って頂いた。ここに謝意を表します。