

降灰予報を用いた噴火初期における降灰堆積厚の推定手法の提案

国立研究開発法人土木研究所 ○梅谷涼太, 伊藤誠記*

*現 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 砂防計画課

表-1 降灰予報の発表履歴

6時間先の予報時間	やや多量	多量
6月28日23:00	○	
6月29日03:00	○	
6月30日04:00	○	○
7月01日15:00	○	○
7月02日09:00	○	○
7月02日15:00	○	○
7月02日18:00	○	○
7月02日21:00	○	○
7月03日03:00	○	
7月03日15:00	○	○
7月03日20:00	○	○
7月03日21:00	○	
7月04日05:00	○	○
7月04日14:00	○	○
7月04日21:00	○	○
7月04日23:00	○	○
7月05日03:00	○	○
7月05日09:00	○	
7月06日21:00	○	

1. はじめに

火山噴火時には、降灰後土石流が発生する蓋然性を把握するため、降灰堆積厚を把握することが重要である。土砂災害防止法に基づく土砂災害緊急調査の判断基準には、降灰堆積厚 1 cm の把握が必要となるため、噴火時には様々な降灰調査(人力や無人機¹⁾²⁾による直接計測、ヘリコプターからの目視、SAR画像解析³⁾等)が行われる。しかし、噴火時には火口近傍の立入規制や天候不順等により調査の実施自体が困難な場合がある、また、SAR画像解析では1～数cmの精度では堆積厚を把握できないといった課題がある。この結果として降灰後土石流の蓋然性の把握が遅れた場合、その間には住民の生命・財産が危険にさらされる事態となる。このような事態の発生を防ぐため、噴火初期において確実に得られる情報から降灰範囲や堆積厚を推定する手法を検討した。また、本手法により得られる降灰範囲・堆積厚について、2025年新燃岳噴火に際し実施された調査結果や土砂流出が発生した流域面積との重複割合・土砂流出のタイミングとの比較を行い、妥当性を検証した。

2. 方法

2.1. 利用する情報

噴火初期において降灰範囲や堆積厚を推定するため、気象庁から発表される降灰予報を用いた。降灰予報は3種類存在するが、噴火時刻や噴煙高など噴火の観測情報をもとに降灰予測計算を行い、1～6時間先の降灰範囲を示す「降灰予報(詳細)」を使用した。降灰範囲の座標は、気象庁から発表されている降灰予報のXML電文から取得した。

また、推測した降灰範囲や堆積厚の妥当性の検証のため、産業技術総合研究所が公開しているドローン映像により、降灰により変色した範囲を判読した。ドローン映像は土砂流出が発生した7月9日直前の7月7日に撮影されたデータを用いた。

また、7月9日14時に土砂流出のあった流域の範囲を妥当性の検証に用いた。

2.2. 土石流の危険のある降灰範囲・堆積厚の推定手法

降灰予報は、「多量(1 mm 以上)」、「やや多量(0.1 mm 以上 1 mm 未満)」、「少量(0.1 mm 未満)」の3階級に分類し、降灰範囲および堆積厚の予報を公表するものである。したがって例えば「多量」が10回重なった範囲は「堆積厚が少なくとも1 cm 以上の可能性のある範囲」、「やや多量」が10回重なった範囲は「1 cm の堆積厚の可能性のある最大範囲」と考えることができる。霧島(新燃岳)の降灰予報(詳細)のうち、本検証で利用した2025年6月～7月の噴火に対する降灰予報の一覧を表-1に示す。

降灰予報のXML電文より各噴火の降灰予報(詳細)における6時間先の降灰範囲の頂点の座標値を取得し、1回の降灰予報における降灰範囲のポリゴンデータを作成、さらに各噴火における降灰範囲を時系列順に重ね合わせた。重ね合わせ時の処理の簡素化及び軽量化のため、ポリゴンデータを約50mメッシュ(2次の地域メッシュを200等分)のラスターデータに変換し、属性値には1を与えた。これにより、降灰範囲のラスターデータの積算時に、特定のメッシュが経験した降灰予報の回数を表せる。

2.3. 妥当性の検証

2.2で示した堆積厚の範囲と、ドローン映像より目視で得られる降灰範囲を比較し、その妥当性を検討した。

ドローン映像より目視で得られる降灰範囲は、薄く灰がかかった範囲、黒灰色に変色している範囲、灰白色に変色している範囲の3つに分類した。ここで、「土砂災害防止法に基づく緊急調査実施の手引き」(以下「手引き」という)をもとに火山灰が1cm以上堆積している範囲を考える。手引きでは「地表面が火山灰等の呈する色とほぼ同色に見えるような範囲」を明瞭な火山灰等の堆積範囲としており、これを1cm以上堆積している範囲と見なすものとしている。本検証における1cm以上堆積している範囲は、明瞭に変色している範囲として黒灰色および灰白色に変色している範囲まで(以下、ドローン変色範囲とする)、灰がかかっており変色している範囲まで(以下、ドローン降灰範囲とする)の2つに分けて考えるものとした。なお、ドローン映像より目視で得られる降灰範囲には新燃岳山麓の南～南東側において映像に写っていない範囲があるため、実際の堆積状況よりもやや過小である点に留意されたい。

また、2.2で示した堆積厚の範囲が、7月9日14時に土砂流出が発生した流域を包含しているかを検証した。どの程度包含しているかを確認するため、土砂流出のあった流域面積と本手法により得られる範囲図が重複した面積の割合を求めた。なお、手引きでは「山間部における河川のうちその勾配が10度以上である部分の最も下流の地点より上流の部分の流域」を土砂災害緊

表-2 ある時刻の範囲図と流域との重複割合

6時間先の予報時刻	1 cm の堆積厚の可能性のある最大範囲 (やや多量:10回以上重ね合わせ)
7月03日 20:00 (やや多量の重ね合わせが 初めて流域の広範にかかる)	69.9 %
7月06日 21:00 (やや多量の重ね合わせが 土砂流出の時刻に最も近い)	75.5 %

急調査の対象としている一方、本検証で用いた流域は、源頭部の一部を除き勾配が概ね10度未満であることから、本川との合流点を起点に広く流域を設定した。範囲図の作成に使用した予報は、土砂流出のあった時刻に最も近い降灰予報までと、範囲図が流域へ広範に重なる初めての降灰予報までを対象とした。

3. 結果と考察

図-1に、7月6日21:00における1 cmの堆積厚の可能性のある最大範囲と、ドローン降灰範囲・ドローン変色範囲の比較結果を示す。2.2で企図したとおり、1 cmの堆積厚の可能性のある最大範囲は、ドローン降灰範囲を完全に内包し、ドローン変色範囲もほぼ内包した。

また表-2に、ある時刻における範囲図と土砂流出のあった流域の重複割合を示す。1 cmの堆積厚の可能性のある最大範囲が初めて流域面積の50%を超過する時期は7月3日20:00時点(図-2)であり、土砂流出直前の7月6日21:00には、流域との重複割合は75.5%に達した。

これらのことから、1 cmの堆積厚の可能性のある最大範囲は、手引きに示す土砂災害緊急調査の判断基準として、ある程度の妥当性を示すと考えられた。

図-3に、堆積厚が少なくとも1 cm以上の可能性のある範囲と、土砂流出が確認された流域の比較結果を示す。なお、図-3には降灰予報における「多量(1 mm以上の降灰)」を1回から土砂流出直前の11回(7月5日3:00)まで重ね合わせた結果を示しており、堆積厚が少なくとも1 cm以上の可能性のある範囲は、10回以上重ね合わせた範囲である。降灰予報における「多量(1 mm以上の降灰)」が多数重なった範囲は山頂付近の一部の区域に限られ、かつ土砂流出が発生した流域の源頭部とはほぼ重複した。

このことから、堆積厚が少なくとも1 cm以上の可能性のある範囲は、土砂流出の蓋然性が特に高まっている範囲の推定に、ある程度の妥当性を示すと考えられた。

4. おわりに

本研究では、気象庁から発表される降灰予報を重ね合わせることで、降灰の範囲および堆積厚を推定した。その結果、1 cmの堆積厚の可能性のある最大範囲は手引きに示す土砂災害緊急調査の判断基準としてある程度の妥当性を有し、堆積厚が少なくとも1 cm以上の可能性のある範囲は、土砂流出の蓋然性が特に高まっている流域の推定に、ある程度の妥当性を示すと考えられた。ただし、本手法の適用範囲は10回以上の噴火が発生している状況に限られることに留意が必要である。

謝辞

本研究の成果には、気象庁が提供する降灰予報の公開 xml 電文及び産業技術総合研究所のドローン映像 (doi.org/10.57765/2003410) を使用させていただいた。

参考文献

- 1) 金井啓通・皆川淳・島田徹・永田直己・北原遼太・永谷圭司・羽田靖史・銭谷彰 (2023), 立入規制区域内の降灰厚情報を無人で計測する調査手法の開発. 砂防学会誌, Vol. 76, No.1, p.50-54
- 2) 高橋英一 (2013), 有村川における土石流観測について. 砂防学会誌, Vol. 65, No.6, p.60-63
- 3) 中野陽子・清水武志・山越隆雄・木佐洋志・石塚忠範 (2013), 合成開口レーダの位相情報を活用した降下火砕物の堆積分布および堆積深の推定. 砂防学会誌, Vol. 66, No.4, p.41-47

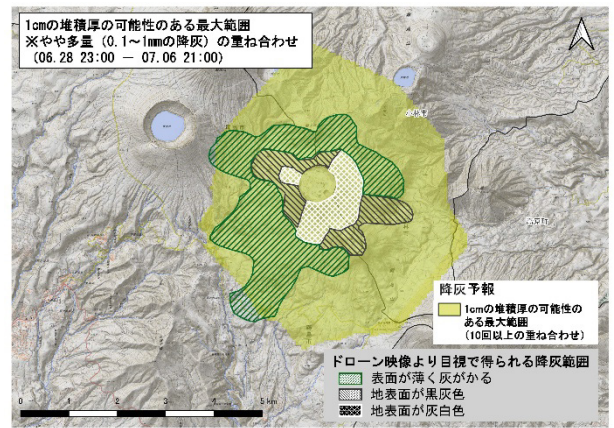


図-1 1 cm の堆積厚の可能性のある最大範囲(7/6 時点)とドローン降灰範囲・ドローン変色範囲の比較

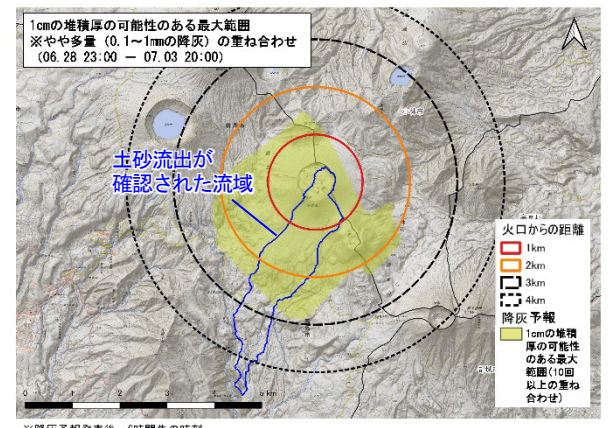


図-2 1 cm の堆積厚の可能性のある最大範囲(7/3 時点)と土砂流出のあった流域の比較

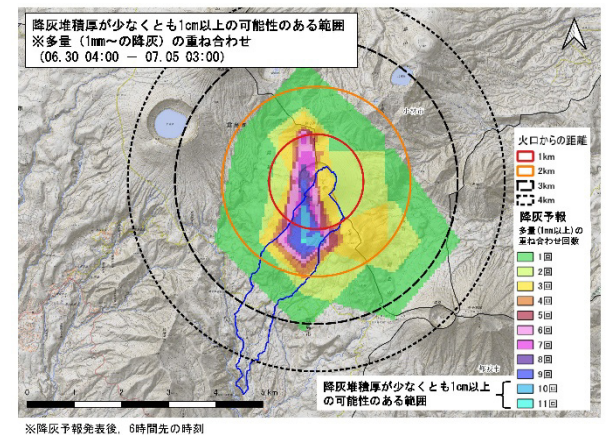


図-3 堆積厚が少なくとも1 cm 以上の可能性のある範囲(7/5 時点)と土砂流出のあった流域の比較

(図-1~3: 地理院地図/GSI Maps 標準地図, 傾斜量図, 陰影起伏図を背景に使用)