

降下火砕物堆積斜面における土砂流出可能性の評価事例

神奈川県環境農政局水・緑部水源環境保全課 内山 豊，鈴江和也

アジア航測株式会社 ○荒井健一，松田昌之，和智明日香，大野勝正，伊藤史彦，佐々木寿

Keyword 降灰後土石流、宝永スコリア、レーザ計測、地形解析、森林環境

1. はじめに

神奈川県北西部に位置する酒匂川上流足柄上地区において、2010年(平成22年)9月の台風9号から変わった熱帯低気圧に伴う集中豪雨により表層崩壊が多数発生した(下河ほか, 2013^{*1}等)。崩壊による流出土砂の多くは、当地区の森林斜面表層に概ね1m強の厚さで堆積しているスコリアである。翌2011年の豪雨時にも再度スコリア流出が続いた。今回、県の水源確保地である当該森林斜面の保全を目的として、スコリア流出発生機構を調査解析から把握して、今後引き続きスコリア流出する可能性をもつ斜面の抽出検討を行ったので紹介する。素因としてのスコリア堆積状況と森林環境を調査した上で、スコリア流出箇所の森林・地形条件について航空レーザ計測データを使った数値解析手法により推定し、同様の条件との的中率により非発生斜面におけるスコリア流出ポテンシャルを評価した。



2. 酒匂川上流足柄地区の表層地質と森林環境の概況

調査対象エリアの地質は、風化角礫化した緑色凝灰岩や砂岩礫岩互層等を基盤として、これらの上位かつ表層リターの直下に0.1m~1.5m程度の厚さで宝永スコリア層が堆積している。宝永スコリアは、1707年(宝永4年)の富士山最新噴火の際に噴出した火山砕屑物であり、宝永火口から東北東へ約25km離れた当地区にも厚く降り積もった。このスコリアは、宝永噴火後に発生した宝永地震のときや、噴火後100年近い間酒匂川で大規模な土砂氾濫・堆積被害をもたらしたことで知られている^{*2}。さらに、1923年関東大震災の際には、今回対象エリア内だけでも1674箇所崩壊・流出しており、表層の不安定なスコリアの多くは流出したと考えられていた。実際、治山施設整備や森林整備により土砂流出は減少していた。

対象エリアにはスギ・ヒノキ植林と広葉樹がほぼ同程度分布する。広葉樹の多くは伐採した後に生育した落葉広葉樹からなる二次林である。現在生育されている植林は樹齢30年~60年のものが全体の9割を占める。一方、当地区では1960年代後半からシカの分布域が大きく拡大し、現在も高密度で分布している。その影響により、広く林床に分布していたシカの嗜好植物であるスズタケが1980年代から少しずつ退行し、現在では下層植生が貧弱な場所が顕著になり、表層にスコリアが露出している状況が多くみられるようになっていた。

【対象区域のスコリアの特徴】

- ・粒子は概ね2~5mmで、密度が小さく水に浮きやすい。丸~楕円形状で、孔は少なく粒子自体の保水力は小さい。
- ・スコリア層は粘性に乏しくサラサラとした砂状を成し植物根による緊縛力が働きにくい。層内部には空隙が多く透水性が高い。
- ・安定勾配は25~35°であり、わずかな水流や風、生物移動によっても流動しやすい。

3. 降雨特性とスコリア流出状況

土砂流出の誘因となった2010年9月の熱帯低気圧は、本対象エリア内の丹沢湖観測点で降り始めからの24時間雨量で495.5mmを記録した。対象エリアの位置する神奈川県山北町には大雨警報、洪水警報、土砂災害警戒情報、酒匂川はん濫危険情報等が発表された。さらに、翌2011年7月中旬の台風6号、9月初旬の12号、9月中旬の15号でも、エリア内には総雨量300~600mmの豪雨があった。この雨は当地域の最大日雨量平年値の2~3倍の規模であり、総雨量518mmを観測した1972年以来の豪雨だった。1972年災害の際は、宝永スコリア分布軸から外れた対象エリア北側の中川上流を中心に土石流災害が多発した。2010年、2011年の2年間の豪雨により対象エリア内では約200箇所崩壊・流出が発生した。表層崩壊のメカニズムとしては、阿蘇山地域で1990年、2001年、2012年豪雨時に約3,000年前の往生岳スコリア直下の火山灰をすべり面として多発した表層崩壊^{*3}や1998年に那須火山東方の福島県南部で発生した表層崩壊^{*4}等と状況が似ている。

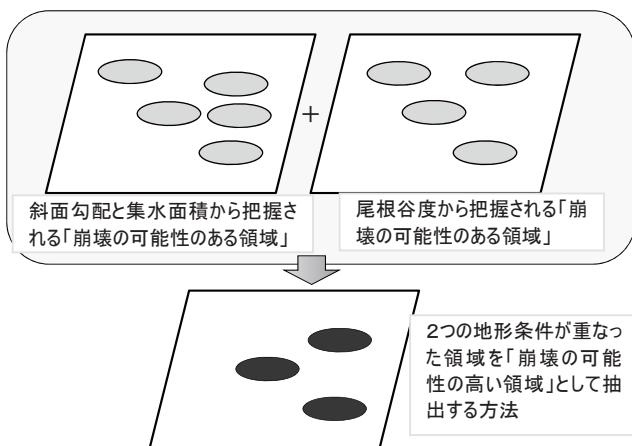


写真 林内のいたるところで発生した表層崩壊とガリー・リル侵食の状況。右写真のように宝永スコリア層にパイピングの小穴が形成されて、吸い出し状態から崩壊が発生・拡大している箇所を多数確認した。

4. 地形・森林解析等によるスコリア流出箇所の特性把握と流出可能性評価

スコリア流出地点の森林条件および地形条件の把握を目的として、レーザ計測により取得された高密度データによる、森林データ解析および地形解析を実施した。

地形解析としては、尾根谷度・斜面勾配・集水面積（落水線）について、教師領域を設定した上でスコリア流出地点と相関の高い条件を抽出した。抽出した地形特性は、「概ね 30° 以上の急傾斜地もしくは緩傾斜地かつ集水面積 500m² 以上」である。スコリア流出地点と相関の高いこの地形特性を持つ場所であつて、現地調査や既往文献資料、赤色立体地図を用いた微地形判読結果から作成した宝永スコリア堆積域が重なる場所に対して、複数箇所について現地調査した。その結果、ガリー侵食が進行中の場所やリル形成され始めの場所であつたことから、解析結果を確かめると判断した。森林データ解析では、現地林分状況調査結果とレーザ計測データのうち樹木除去処理前のデータ（DSM）を活用した数値解析から、侵食・スコリア流出地と相関の高い森林垂直構造を抽出した。対象エリアのデータ解析結果から、林分垂直構造、収量比数、下層到達パルス率の3要素の組合せパターンをとりまとめ、「立木密度が低く（収量比数 0.7 以下）かつ下層植生が貧弱な林分」において侵食・スコリア流出が起きている可能性が高いと判断した。さらに、スコリア堆積厚が大きいと想定される区域において、侵食・スコリア流出の起きる可能性の高い①地形条件 ②森林垂直構造 と一致する区域を抽出した。結果、対象エリア約 900 万 m² のうち、この地形条件を満たす箇所は約 15 万 m² (全体の 17%)、さらに森林条件も満たす箇所は約 5.5 万 m² (全体の 0.6%) であつた。



	下層到達パルス率 20%未満		下層到達パルス率 20%以上	
	林分垂直構造 0.4未満	林分垂直構造 0.4以上	林分垂直構造 0.4未満	林分垂直構造 0.4以上
収量比数 0.75 以上	1、密閉貧	2、密閉豊	3、密閉貧	4、密閉豊
収量比数 0.65 以上 0.75 未満	5、普閉貧	6、普閉豊	7、普閉貧	8、普閉豊
収量比数 0.65 未満	9、疎閉貧	10、疎閉豊	11、疎閉貧	12、疎閉豊

収量比数 蜜:密度高い 普:密度標準 疎:密度低い
下層到達パルス率 閉:樹冠つつ閉 開:樹冠疎開
林分垂直構造指標 貧:下層植生貧弱 豊:下層植生豊富

5.9.10.11	ガリー侵食起りやすい	2.4.6.8	要注意(ガリー侵食やや起りやすい)
1.3.7	ガリー侵食やや起りにくい	12	目標林分(ガリー侵食起りにくい)

5. まとめ

今回の対象地に関するスコリア流出条件は、①地形条件：スコリアが厚く堆積し 30° 以上の急傾斜地もしくは緩傾斜地かつ集水面積 500m² 以上、②森林条件：立木密度が低く（収量比数 0.7 以下）かつ下層植生が貧弱な林分であることを明らかにした。今後この評価結果を参考にして流出対策・森林整備を進めていく予定である。

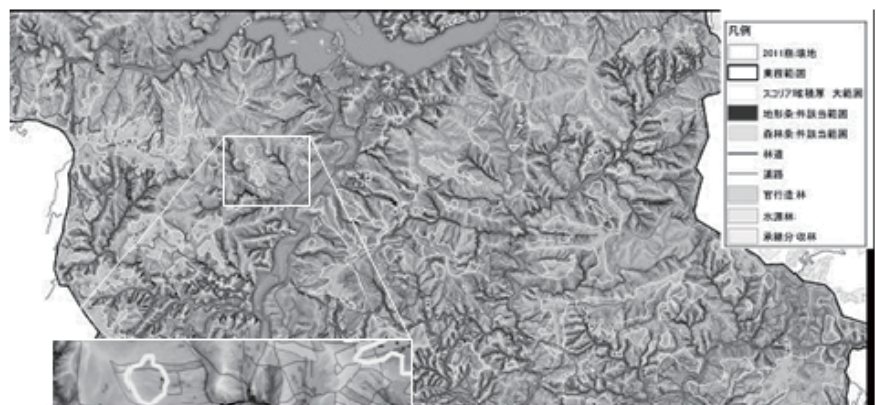
当該地域では、シカの採食圧で林床植生が減少していたことに加えて、林床の照度不足等によりスコリア層が表面に露出し、加えて間伐後の根の腐植による土壌緊縛力の低下等の不安定要素が蓄積されていたところへ、台風 9 号等の降雨強度の大きな雨が発生したことでスコリア流出が開始・進行したと考えられる。

※1 下河敏彦・稲垣秀輝・小坂英輝・鶴沢貴文(2013)：斜面表層の簡便な土層強度調査と対策工の提案-平成22年9月神奈川県北部豪雨災害の調査事例-。砂防学会誌, Vol. 65, No. 5, p. 41-44.

※2 例えば、富士山ハザードマップ検討委員会報告書(2004)富士山火山防災協議会。

※3 宮縁育夫・大丸裕武・小松陽一(2004)：2001年6月29日豪雨によって阿蘇火山で発生した斜面崩壊とラハールの特徴, 地形, Vol. 25, No. 1, p. 23-43.

※4 井口隆(2001)：1998年8月豪雨による阿武隈川上流域における斜面災害調査報告。防災科学技術研究所, Vol. 37, p. 107-136.



スコリア層流出ポテンシャル評価結果図



スコリア層流出可能性 高 と評価された領域では、ガリーやリルが出来はじめており、現地でもその状況を確認した

