

## 降灰を想定した人工試料による降雨浸透実験（その2）

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○小野秀史 安養寺信夫 池田暁彦  
国土交通省 九州地方整備局 九州技術事務所 堤 宏徳 山田将喜※ 山本陽子

※現 九州地方整備局 情報通信技術課

## 1. 結論

これまで桜島、雲仙普賢岳、有珠山、三宅島、新燃岳などにおいて、火山噴火に伴う降灰によって地表面の浸透能が低下して多量の表面流が発生し、土石流が発生することが報告されている<sup>1),2),3),4)</sup>。また、降灰による地表面の浸透能の低下の原因については火山灰の粒径、層厚および化学的・物理的な固化過程が関係することが報告されている<sup>5),6)</sup>。このように定性的な浸透能と表面流の発生には言及されているものの、浸透能を支配すると考えられる火山灰の粒径などの物理特性と、表面流の発生誘因となる降雨（強度・量）の関係に関する研究成果は少ない。筆者らは、これまでに火山灰の粒径が比較的粗い細粒砂～粗粒シルトと想定した降雨浸透実験を実施し、粒径と降雨強度の関係について報告した<sup>7)</sup>。

本研究では、火山灰の粒径がより細粒な成分を対象として降雨浸透実験を実施し、表面流の発生プロセスと、降雨強度に加えて降雨量と表面流出・下方浸透の流量の関係について分析したので報告する。

## 2. 実験方法

### 2.1 実験装置

実験装置は、降雨強度を制御可能な散水装置、試料を敷いた模型、装置全体の重量を計測する電子天秤、模型から流出する水の重量を計測する電子天秤からなる（図1）。土層内の浸透量・流出量の収支を把握するため、実験装置から流出する表面流（地表面の流れ）、表層側方流（地表から3cmまでの深さの流れ）、下方浸透流（模型底面から流出する流れ）の重量を計測した。なお、表面流と表層側方流は分離して計測することが困難であったため合わせて計測した。

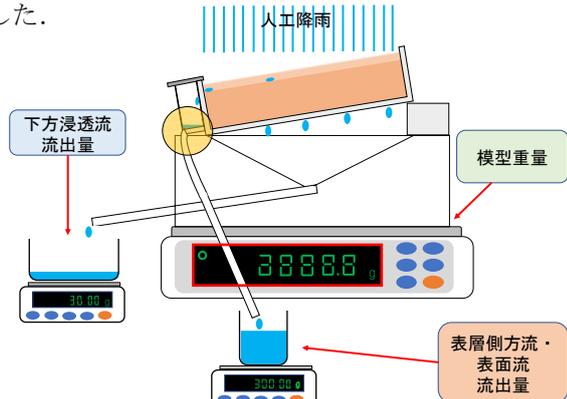


図1 実験装置の模式図

実験に用いた模型は20cm×20cmの箱型とし、深さは土層厚に応じて3cmと9cmとした。なお、土層厚は予備実験に基づく浸透状況を考慮し決定した。

### 2.2 実験条件

実験条件は前述の通り、土層厚を3cmと9cm、勾配を土石流の発生区間を想定して15°、供給する降雨量は土石流の発生限界降雨を想定して降雨強度が10mm/h、20mm/h、30mm/hとなるように調整した。

### 2.3 実験試料

実験試料には火山灰を想定して粒度を調整した人工試料（工業製品）を用いた。本実験では、細粒分に着目して、DLクレイ（ $D_{50} \approx 0.02 \text{ mm}$ ）と木節粘土（ $D_{50} \approx 0.01 \text{ mm}$ ）を使用した。また、比較検討のために珪砂8号（ $D_{50} \approx 0.1 \text{ mm}$ ）、珪砂7号（ $D_{50} \approx 0.2 \text{ mm}$ ）を用いた。さらに、粒度の違いによる浸透状況の感度分析の為に、珪砂8号とDLクレイの重量比を変えた混合試料を調整し、平均粒径と粒度の異なる2種の試料を準備した。同様に珪砂8号と木節粘土の混合試料も2種作成し、珪砂系試料と併せて計8種の試料を用いた。これらの条件に基づき29ケースの実験を行った。

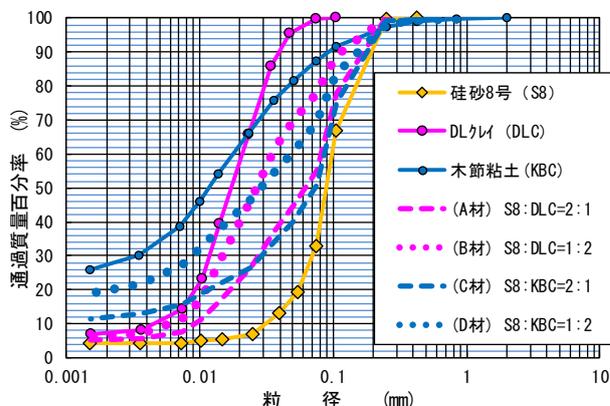


図2 実験試料の粒径加積曲線

## 3. 実験結果

### 3.1 土層内の浸透・表面流の発生状況

表面流と表層側方流についてみると、下方浸透流の発生時期と流量は、粒径・粒度及び降雨強度の違いにより異なる。模型装置の重量収支から飽和含水比を求めると30～45 (wt.%) の範囲となり、細粒分に富む組成ほど高い値が示された。浸透流の透水係数はDLクレイで $5.0 \times 10^{-6} \sim 1.0 \times 10^{-5}$  (m/sec)、木節粘土で $5.0 \times 10^{-6} \sim 1.2 \times 10^{-5}$  (m/sec) であった。

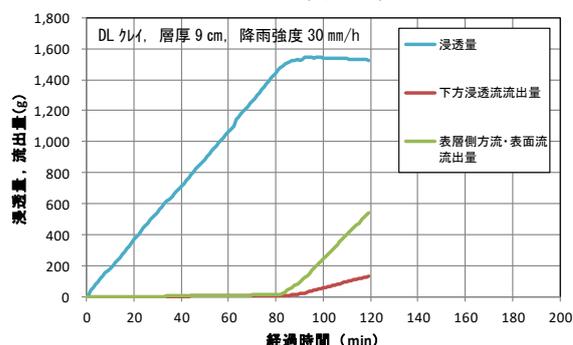


図3 計測結果例 (DLクレイ)

土層内の浸透状況についてみると、降雨の土層への浸透に伴い、土層内には不飽和帯及び飽和帯が順次形成される。不飽和帯から飽和帯の形成時にかけて表層浸側方流が発生し、その後表面流が発生した。なお、降雨浸透開始から3～5分程度で土層内のサクシジョンの影響により表層に多数の亀裂が発生した。

### 3.2 表層側方流発生に関わる粒径・粒度の評価

表層側方流が発生するまでの時間と粒径との関係を図4に示す。全体的に粒径が小さい試料ほど表層側方流発生までの時間が短い結果となっている。図4では、層厚9 cm, 降雨強度30 mm/hを共通条件とした場合の実験結果を整理しているが、層厚・降雨強度を変えた場合でもほぼ同様の傾向が見られた。

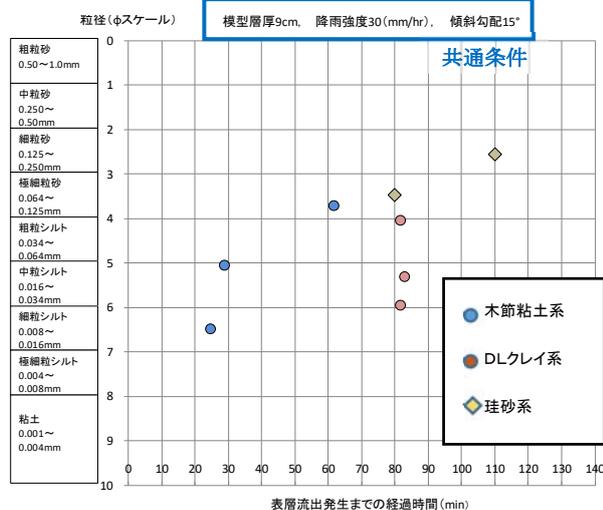


図4 粒径と表層側方流発生時間の関係

図5に表層側方流と表面流の流出量の時間変化を示した。層厚, 降雨強度を等しくした結果を比較すると、相対的に細粒分に富む木節粘土の方がDLクレイに比べて発生までの時間が短いだけでなく、流出量のピークも大きいことが示されている。

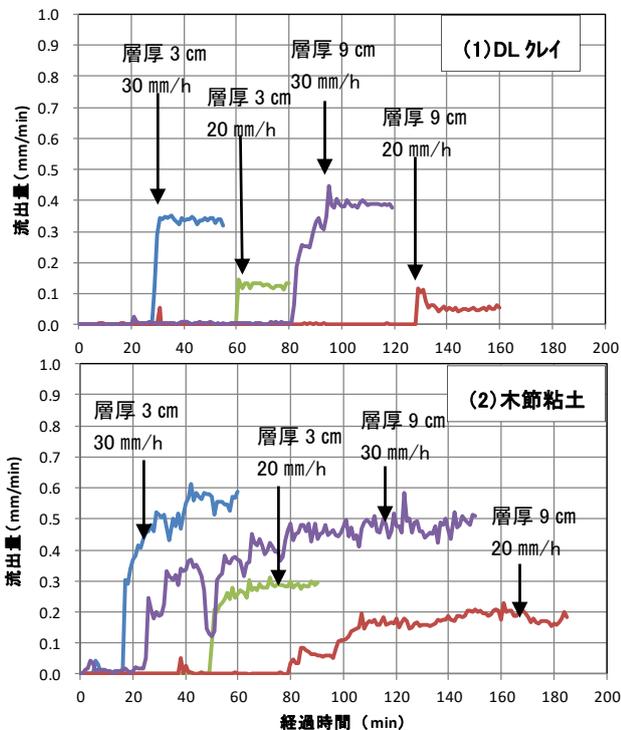


図5 経過時間と表層側方流・表面流の流出量の関係

### 3.3 表層側方流発生に関わる降雨の影響評価

図5より、降雨強度30 mm/hでは、常に表層側方流が発生するまでの時間が短く、流量のピークも大きい。図6に木節粘土系における降雨強度と表層側方流発生までの時間の関係を示す。粒径・粒度の違い及び層厚の違いごとに累積雨量の値をプロットした結果、降雨強度への依存度が高い傾向が認められた。なお、DLクレイを含め他の組成ではこのような傾向は見られず、木節粘土系の試料に傾向が強く現れた。

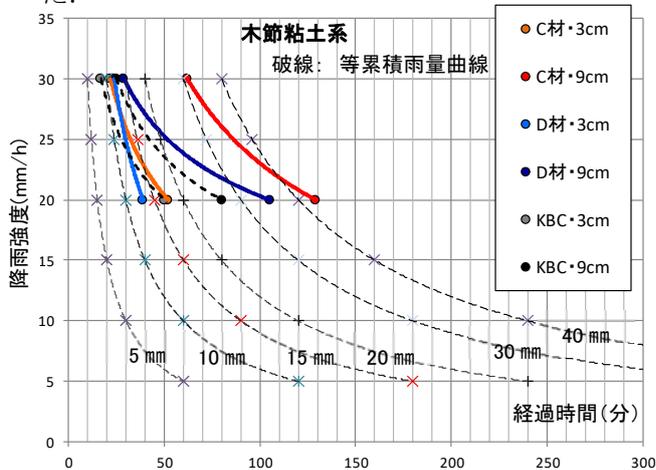


図6 降雨強度と表層側方流発生時間の関係

### 4. まとめと課題

本実験から、火山灰の粒径・粒度が表面流出に及ぼす影響について、細粒分に富み粒度分布がよいほど(即ち間隙が小さいほど)表面流発生までの時間が短かつ流出量のピークが高いことが示された。

また、降雨強度が表面流出の発生に及ぼす影響については、細粒分組成に富むほど大きく表れることが示された。この傾向は砂分組成と比較するとより明瞭に表れた。

今後の課題としては、層厚が厚いほど表層側方流及び表面流の発生時期が遅れる一方で、試料の違いや降雨強度の差によって不飽和帯や飽和帯の深度分布にも差が生じたことを踏まえて、層厚が及ぼす影響について把握することが考えられる。

### 参考文献

- 1) 高橋：土石流の機構と対策, 2004
- 2) 地頭菌ら：火砕流堆積物および火山灰に覆われた雲仙普賢岳山腹斜面における表面流出, 砂防学会誌, Vol. 49, No. 5, p. 42-48, 1997
- 3) 野村ら：三宅島・有珠山・桜島の火山灰の物理特性の比較検討, 砂防学会誌, Vol. 55, No. 6, p. 3-12, 2003
- 4) 清水ら：霧島山新燃岳の2011年1月噴火による降灰とその後の土砂移動, 砂防学会誌, Vol. 64, No. 3, p. 46-56, 2011
- 5) 恩田ら：雲仙火山灰が浸透能低下を引き起こす原因, 砂防学会誌, Vol. 49, No. 1, p. 25-30, 1996
- 6) 厚井ら：降雨流出・土砂流出に影響する火山噴出物の特性-2011年新燃岳噴火の事例-, 砂防学会誌, Vol. 65, No. 6, p. 37-45, 2013
- 7) 小野ら：降灰を想定した人工試料による降雨浸透実験, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集, 2017