

T07 火山灰の物理特性が泥流発生に与える影響

京都大学大学院農学研究科：○野村 康裕・小杉 賢一朗・水山 高久・内田 太郎

1. はじめに

火山が一旦噴火すると大量の火山灰が降下し地表を覆う。そのような状況の下では噴火が起こるまでは泥流が発生しなかったような小規模の降雨でも泥流が発生するようになることが知られており、そのメカニズムとして「火山灰被覆によって斜面の浸透能が急激に低下することで地表流が発生しやすくなり、リル・ガリ侵食が促進される」ことが指摘されてきた。そこで本研究では、2000年噴火の三宅島・有珠山・桜島の火山灰について、火山灰が降り積もった状況を再現するために、絶乾して降り積もらせたサンプル（以下堆積サンプルと呼ぶ）を用いて飽和透水試験・散水試験・攪拌粘性試験を行い、各火山灰の物理性を比較した。さらに、2001年に三宅島・桜島の現地で採取した不攪乱サンプルを用いて飽和透水試験・散水試験を行うことにより現場の透水性を調査した。

2. 試験方法

2.1 サンプル

サンプル採取地を図-1～3に示す。堆積サンプルに用いた三宅島火山灰はとんび沢で、有珠山火山灰は火口北側洞爺湖温泉市街地内で、桜島火山灰は桜島南東桜島口で、それぞれ採取したものである。サンプル作成では、まず火山灰を絶乾させて、目が0.85mmのふるいを通す成分を86cmの高さから100ccサンプラーに降り積もらせ、最後に表面を平らに成形した。有珠山火山灰は絶乾させると固い塊状になったので、乳鉢ですり潰した後の試料を降り積もらせた。また、不攪乱サンプルは三宅島の釜ノ尻・地獄谷、桜島の引ノ平における表層(0-5cm)を100ccサンプラーで採取したものである。

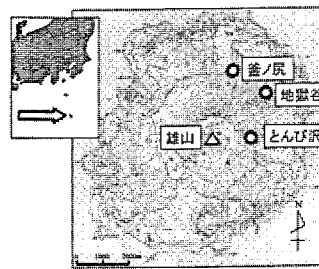


図-1 三宅島サンプル採取地

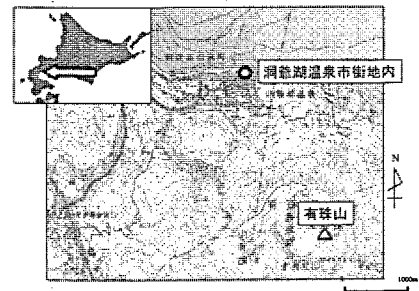


図-2 有珠山サンプル採取地

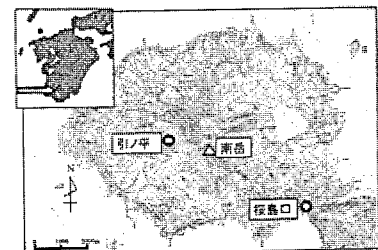


図-3 桜島サンプル採取地

2.3 飽和透水試験

変水位法により飽和透水係数を計測した。ここでの解析には、それぞれのサンプルについて、4回の計測値の平均値を用いた。

2.4 散水試験

降雨に対する浸透能低下の様子を定量化し、かつ最終浸透能を計測する目的で、ロータリーポンプによる散水試験を行った。初期散水強度を160mm/hrに設定しサンプル表面に出来るだけ均等に散水した。浸透能が低下し表面に堪水し始めたら散水強度を堪水しないぎりぎりの大きさに調節した。各時点の散水強度を自動計測した。散水強度が減少していき一定値に達した時の値を最終浸透能とした。

2.5 攪拌粘性試験

火山灰の含水比と粘性の関係を調べるために、堆積サンプルを作成したのと同じ火山灰を用いて攪拌粘性試験を行った。三枚羽根のついたシャフトを、含水比を調整した火山灰内で回転させ「降伏トルク」と「運動トルク」の2種類を測定した。粘性の高いサンプルでは、羽根はあるトルク値に達するまで静止状態にあり、その値に達すると突然回転し始める。そのトルクをここでは降伏トルクと呼び、泥流の発生しやすさを表す指標と考える。これに対して、羽根が安定して回転しているときのトルクをここでは運動トルクと呼び、泥流の拡散しにくさを表す指標と考える。

3. 結果と考察

3.1 堆積サンプルの試験結果

三宅島の火山灰では飽和透水係数が非常に低く、散水での急激な浸透能低下も見られた(図-6)。また降伏トルク・運動トルクともに小さかった(図-4, 5)。有珠山では飽和透水係数が一般の林地土壌(通常200mm/hr以上)に比べると低く、散水での急激な浸透能低下も見られたが、降伏トルク・運動トルクともに大きいことが分かった。桜島で

は飽和透水係数が高いが、降伏トルク・運動トルクがともに小さくなった。

次に、これら試験結果と現場の泥流発生状況との比較を行う。三宅島では上の試験結果から透水性は非常に低く小規模の降雨でも地表流が発生することが予想できる。また降伏トルク・運動トルクが小さいことは、泥流が発生しやすく拡散しやすい性質を持つこと示唆している。現場の状況は降灰の激しかった2000年8~9月を中心に約40回以上もの泥流・土石流が発生していた。泥流発生降雨条件は2mm/hr以上もしくは連続雨量3mm以上であり小規模の降雨でも発生していたことが分かる。しかし、2001年7月以降は泥流がほとんど発生してなくなった。有珠山の火山灰は、透水性が低く豪雨時には地表流が発生する可能性もあるが、降伏トルク・運動トルクが大きいので泥流が起きにくく拡散しにくい可能性を指摘することが出来る。また、現場では1978年噴火の際の泥流発生降雨(5mm/hrもしくは連続雨量20mm以上)以上の規模の降雨が2000年10月31日までに20回記録されたが大規模な泥流は観測されていない。小規模な泥流が連続雨量58mmと28mmの降雨イベント時に2回観測されたのみであり、泥流は発生しにくかったといえる。桜島では試験結果より透水性が非常に良く地表流は起こりにくい。しかし、降伏トルク・運動トルクが小さいことは泥流が発生しやすく拡散しやすいことを示唆している。つまり、深層に透水性の低い層が存在し火山灰層の含水比が上昇すれば比較的容易に土砂移動が起こると考えられる。現場の状況は断続的に噴火が続いており過去の報告では6mm/hrもしくは連続雨量10mm以上の降雨で泥流が発生するとされている。以上のように、試験結果による火山灰の物理性と実際の泥流発生状況には概して良好な対応が見られた。

3.2 不攪乱サンプルの試験結果

図-6に示す通り、三宅島では火山灰表層での飽和透水係数が比較的小さく、数十mm/hrレベルであった。一方、スコリア部・ガリ底部といった元地面部の透水性は数千mm/hrと非常に良かった。桜島の飽和透水係数は火山灰表層で50-200mm/hr、ガリ底部で250mm/hrであった。以上の結果は、堆積サンプル試験結果での三宅島の透水性(0.6mm/hr)が悪いこと、桜島の透水性(170mm/hr)が良いことと概して対応している。

さらに、現地調査ではその場所独自の地形の発達や透水性の変化を観察することが出来た。三宅島では火山灰層の透水性自体はそれほど大きくないが元地面(ガリ底)の透水性が非常に高いため、火山灰堆積表層でガリが発達し表層が侵食され、局部的に元地面が現れると斜面全体としての透水性が格段に上昇するという現象が見られ、それが2001年7月以降の泥流発生沈静化に大きな関係があると考えられた。さらに、モルタル化した層にマイクロクラックが多く見られ、それが透水性の向上に効いている可能性も指摘できる。桜島ではモルタル化が若干見られたが、大きな浸透能低下は見られなかった。また、深部(11-16cm)で透水性の悪い層が見られ、復帰流的な表面流発生の可能性も考えられた。

以上のように、堆積サンプルによる物理試験により降灰直後の泥流状況の概略を説明できること、降灰後時間が経過した現場では元地面の浸透能特性も泥流発生に影響していることが分かった。

参考文献

- 1) Hendrayantoら(1995):新しい火山灰堆積物の浸透特性,水文・水資源学会誌,Vol.8, No.5, p.484-491
- 2) 谷口義信(1994):桜島火山灰泥流のレオロジー特性,砂防学会誌(新砂防),Vol.47, No.4, p.28-35

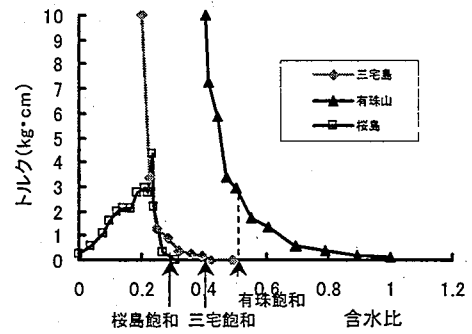


図-4 降伏トルクと含水比の関係

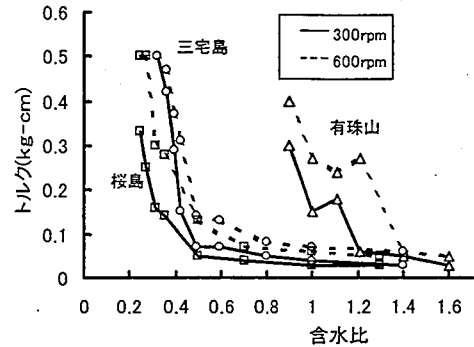


図-5 運動トルクと含水比の関係

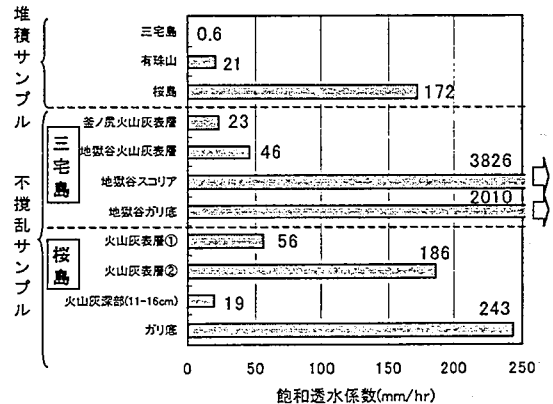


図-6 飽和透水試験結果