

土壌水分計付貫入計（CPMP）を用いた火山堆積物成層構造探査手法の検討 —伊豆大島における事例—

筑波大学生命環境系 ○山川陽祐

静岡大学農学部 藤井修人・今泉文寿・逢坂興宏

筑波大学生命環境系 堀田紀文

筑波大学国際地縁技術開発科学専攻 経隆 悠

筑波大学生命環境学群 後藤優弥

京都大学大学院農学研究科 正岡直也・小杉賢一朗・小松正弥

1. 背景と目的

近年、阿蘇山（2012年7月）や伊豆大島（2013年10月）など、火山地域における降雨に起因する甚大な土砂災害（表層崩壊、土石流による）が立て続けに生じている。火山地域の斜面は、噴火堆積物（溶岩、スコリア、テフラ）と風成堆積物（レス）の互層構造（テフラ成層構造）によって形成されており、これが当該地域における斜面崩壊などの土砂移動形態を大きく特徴づけていると考えられる。特に、透水性のそれぞれ大きく異なる上述の材料の互層構造が雨水浸透プロセスおよび斜面崩壊発生プロセスを強く規制すると考えられることから、土砂災害対策において崩壊発生の危険雨量等の検討を行う上では、この成層構造の評価（土層鉛直構造の実態把握）が極めて重要である。しかしながら、そのための従来の調査法は土壌断面掘削および採取試料の土質試験を要するため、空間的な不均一性を考慮した高密度の調査には限界がある。本研究では、火山地域における土層構造をより効率的かつ高精度に把握する手法として、CPMP（土壌水分計付貫入計）の適用性を現地実験に基づき検討した。

2. 実験手法

CPMP は長谷川式土壌貫入計の先端付近に TDR 式土壌水分計を備えた測器であり、貫入抵抗値 (N_h) と体積含水率 (θ) の鉛直プロファイルと同時に計測することが可能である(小杉ら, 2004, 砂防学会誌; 山川ら, 2007, 砂防学会誌)。花崗岩山地流域における CPMP の適用においては、 θ 鉛直分布の計測によって、通常の貫入試験 (N_h の計測) からは検出が困難である土性(礫質, 砂質, 粘質土層)の空間分布を高精度に検出可能であることが報告されている (Yamakawa *et al.*, 2010, Vadose Zone J.)。試験地は 2013 年 10 月の台風 26 号による豪雨によって広範囲に表層崩壊が発生した伊豆大島三原山西斜面に設定し、CPMP を用いた N_h と θ の同時計測を行った上で同土壌断面における土性調査(観察による判定)および不攪乱土壌試料(100 cc 採土筒による)

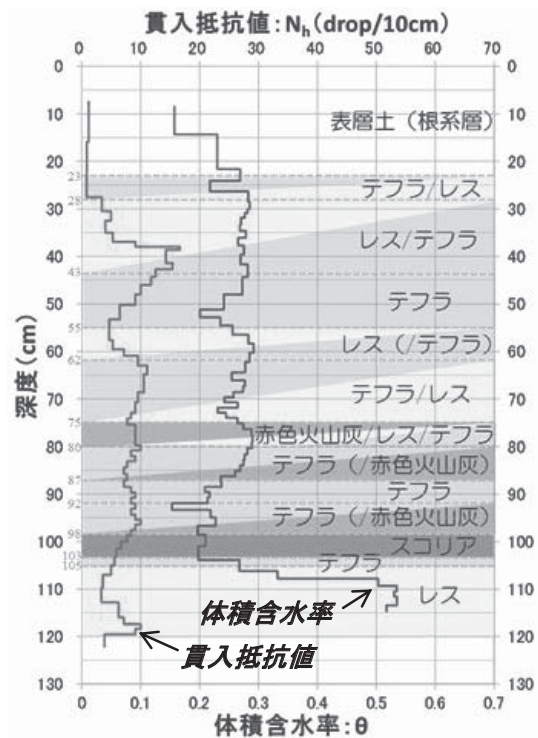


図-1 CPMP による貫入抵抗値・体積含水率の鉛直分布と断面観察による土性分類

について飽和透水試験, pF 試験, 粒度分析を実施した。なお, これらの現地実験は 2014 年 9 月～2015 年 9 月の期間の三時期に渡って同斜面上の異なる三地点において実施したものであるが, 対象とした深さ 120 cm 以浅の土層の水分状況については圧力水頭が概ね-100～-50 cmH₂O であることを同斜面に設置したテンシオメータによる圧力水頭の観測から確認しており, いずれの時期, 地点においても極端な乾燥あるいは湿潤状態に無かったと考えられる。

3. 結果と考察

図-1 に CPMP の計測結果と貫入試験後に掘削した断面から読み取った土性プロファイルの一例を示した。105 cm 以深の明瞭なレス層に対して CPMP による体積含水率 (θ) の計測値が0.3以上の高い値となった。105 cm 以浅についても, レス質堆積物が存在する層では 0.25～0.3程度と比較的高い値を呈し, これに対してテフラ層およびスコリア層ではこれより低い値となった。この土性と θ の良好な対応関係は, 不攪乱土壌試料についての pF 試験の結果すなわち水分特性曲線(一部を示すと, 87-92 cm 深テフラ層, 98-103 cm 深スコリア層, 109-114 cm 深レス層の圧力水頭-75 cmH₂O に対する θ は, それぞれ0.34, 0.25, 0.53であった)から, 不飽和状態における各層の体積含水率の大小関係によって説明できることが示された。粒度分布については, 同地点の 87-92 cm 深テフラ層, 98-103 cm 深スコリア層, 109-114 cm 深レス層の

各層について, 通過質量百分率 50%の粒径 (D_{50}) は, それぞれ 0.134, 0.290, 0.098 mm であり, レス層, テフラ層, スコリア層の順に細粒分の含有率が高いことが明瞭に示された。また, 図-2 に示すように, 三時期(異なる三地点)の現地実験についての CPMP による θ の計測値と不攪乱土壌試料について計測した飽和透水係数 (K_s) の間には高い相関があった。一方, 貫入抵抗値 (N_h) と土性(断面観察による分類)および N_h と K_s の間には明瞭な対応関係が認められなかった(図-1, 3)。以上から, CPMP を用いた θ の計測は, 通常の貫入試験では検出が困難である土質特性, 特に飽和透水係数について, その鉛直分布を把握する上で極めて有効な手法であることが示された。

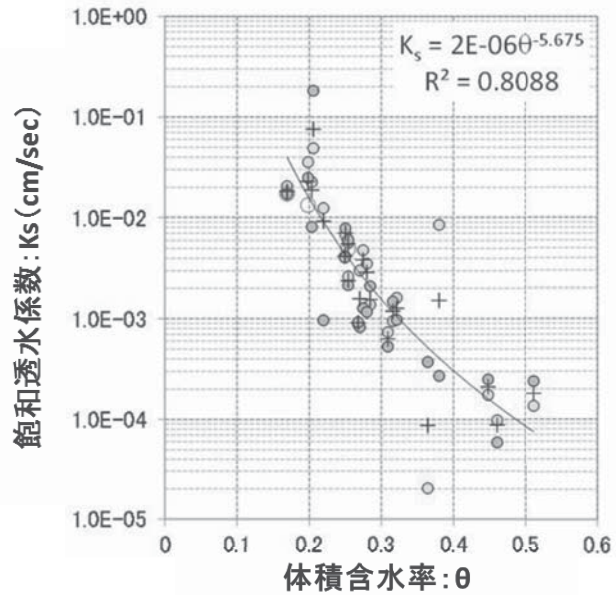


図-2 体積含水率計測値(CPMP)と飽和透水係数(100 cc 不攪乱土壌試料)の相関
※近似曲線は同深度のサンプルの幾何平均値(図中の「+」印)に対するもの

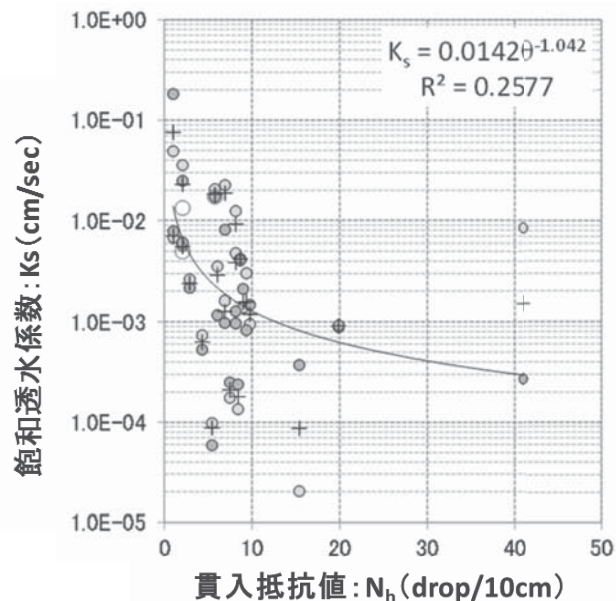


図-3 貫入抵抗値(CPMP)と飽和透水係数(100 cc 不攪乱土壌試料)の相関
※近似曲線は同深度のサンプルの幾何平均値(図中の「+」印)に対するもの