

平成 24 年 7 月九州北部豪雨で発生した阿蘇山草地斜面の崩壊における 火山灰層の土層構造、透水性、崩壊深さの関係

宮崎大学農学部 小野 雅俊 ○清水 収

1. はじめに

平成 24 年 7 月九州北部豪雨により阿蘇地域において多数の崩壊が発生した。そのうち草地斜面では表層崩壊が高密度に発生していた。阿蘇山の草地斜面では 1990 年と 2001 年にも多数の表層崩壊が発生し、その時には降下火山灰層中の透水性の異なる土層間の境界付近の深さで崩れたと報告されている。さらに、2013 年 10 月伊豆大島で発生した大規模な表層崩壊においても、同様な境界で崩れたことが報告されている。

そこで本研究は、未だ透水性が調査されていない平成 24 年 7 月九州北部豪雨で発生した草地斜面における表層崩壊で、火山灰層の土層構造調査を行い、崩壊した深さの上位と下位から試料を採取して透水係数を測定した。そして、降下火山灰層における表層崩壊の深さを決める要因に、土層の透水性の違いが関係したのかを調べた。

2. 調査方法

草地斜面であり表層崩壊が高密度に発生していた中央火口丘群付近の仙酔峡において 1 箇所、坂梨の南方の妻子ヶ鼻において 2 箇所の崩壊を調査した。調査崩壊地の滑落崖に土層断面調査箇所を設定し、土層構造調査を行い、土質試験用に試料を採取した。土層断面調査箇所は崩壊上端や側崖に設定し、スコップを用い崩壊深さよりも下まで掘削整形した。土層構造は目視による色の違いや手触り（粒径）の調査を行って土層を区分した。

土質試験用の試料は、土層断面調査箇所において、崩壊した深度の上層と下層から 3 試料ずつ、そのほかに地表から一定深さごとに 1 試料ずつ採土円筒（100ml）にて採取した。また、土壌硬度を測定するため、山中式土壌硬度計を地表から一定の深さごとに押し込み、指標硬度である貫入量（mm）を読み取った。この際、各深さにおいて 3 回測定してその平均値を硬度として採用した。

採取した試料は、地盤工学会（2010）に準拠し JIS A 1218「土の透水試験」を行った。透水試験は変水位透水試験を行い、水温 15℃相当における飽和透水係数を求めた。

3. 結果

3.1 仙酔峡

図-1 は仙酔峡の調査結果を示している。地表から深さ 160 cm までを観察し、4 つの層に区分した。暗灰色層（深さ 0 ～ 80 cm、砂質）、暗褐色層（深さ 80 ～ 120 cm、細砂からシルト質）、黒色層（深さ 120 ～ 130 cm、シルト質）、黄褐色層（深さ 130 ～ 160 cm、シルト質）であった。崩壊の滑落面には黄褐色層の土が広く露出していたので、それより上位の 3 つの土層が崩れたと判定した。

透水試験の結果、地表から暗褐色の層までの透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/s}$ で、黄褐色の層では 10^{-5} cm/s であった。土壌硬度は深さ 80 cm を除き、黄褐色層の値が上位よりも大きくなっていた。

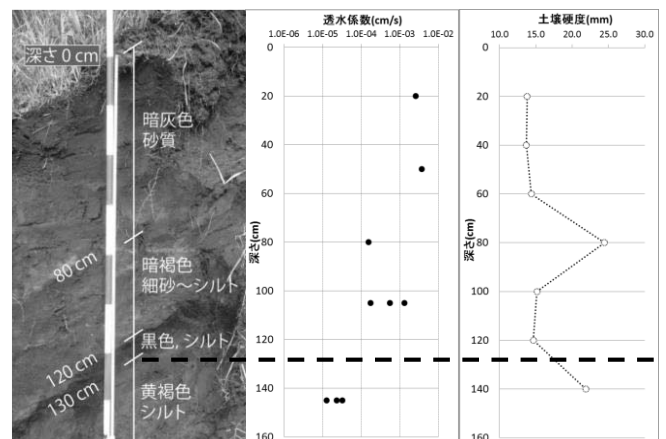


図-1 仙酔峡の土層断面と透水係数、土壌硬度の結果

3.2 妻子ヶ鼻 1

図-2 は妻子ヶ鼻 1 の調査結果を示している。地表から深さ 90 cm までを観察し、2 つの層に区分した。暗灰色層（深さ 0 ～ 60 cm、細砂からシルト質）、黄褐色層（深さ 60 ～ 90 cm、シルト質）であった。崩壊の滑落面には黄褐色層の土が広く露出していたので、暗灰色層が崩れたと判定した。

透水試験の結果、地表から暗灰色層までの透水係数は $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/s}$ で、黄褐色層では $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ cm/s}$ であった。土壌硬度は黄褐色層の値が上位よりも大きくなっていた。

3.3 妻子ヶ鼻 2

図-3 は妻子ヶ鼻 2 の調査結果を示している。地表から深さ 160 cm までを観察し、4 つ

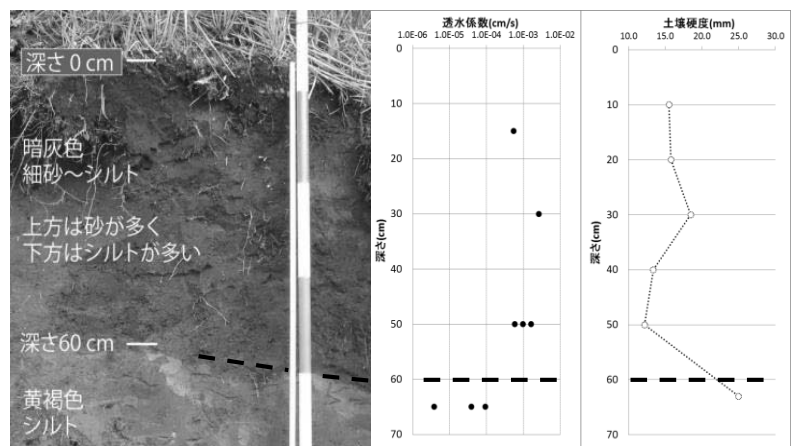


図-2 妻子ヶ鼻 1 の土層断面と透水係数、土壌硬度の結果

の層に区分した。層は暗褐色層（深さ 0~40 cm、砂質）、上下の層の中間的な色の層（深さ 40 ~90 cm、細砂からシルト質）、暗灰色層（深さ 90~130 cm、細砂からシルト質）、黄褐色層（深さ 130 ~160 cm、シルト質）であった。崩壊の滑落面には黄褐色層の土が広く露出していたので、地表から暗灰色層までが崩れたと判定した。

透水試験の結果、地表から暗灰色層までの透水係数は 10^{-3} cm/s であった。一方、黄褐色層では 3 試料のうち 2 試料は 10^{-4} cm/s で、1 試料が 10^{-3} cm/s であったことから、 10^{-4} cm/s が代表的な値だと考えた。土壌硬度は、黄褐色層が上位より値が小さかった。

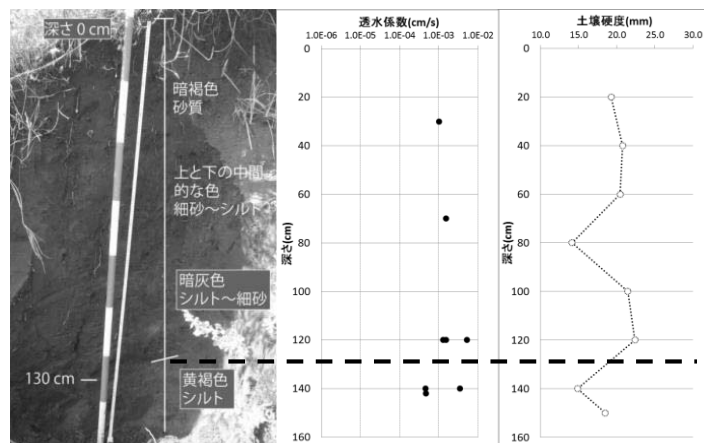


図-3 妻子ヶ鼻 2 の土層断面と透水係数、土壌硬度の結果

4. 崩壊の深さを決めた要因の考察

3 箇所の調査地において上位に暗灰色ないし暗褐色を総称して黒色系の火山灰層、その下位に黄褐色の火山灰層が確認された。以降、前者を黒色系の層と称する。いずれの調査地でも滑落面の様子から上位の黒色系の層が崩れていた。

表-1 には本研究の透水試験結果を示している。透水係数は黄褐色層で $10^{-4} \sim 10^{-6}$ cm/s、黒色系の層で $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/s であり、黄褐色層は黒色系の層よりも透水係数が 1 オーダー以上小さかった。したがって、黄褐色層は黒色系の層よりも透水性が悪く、その境界で間隙水圧が上昇して、上位の黒色系の層が崩れたと考えられる。

土壌硬度では、仙酔峡と妻子ヶ鼻 1 は黄褐色層の土壌硬度が黒色系の層より大きかった。地山シラスの強度特性を調査した笹原ら (1995) によると土壌硬度とせん断強度は正の相関関係にあると述べられており、本研究の土層の場合でも、土壌硬度が大きければ土のせん断強度も大きいと考えられる。よって、仙酔峡と妻子ヶ鼻 1 が黄褐色層と黒色系の層の境界で崩れたのは、透水性の違いに加えてこの効果も関与した可能性があり、妻子ヶ鼻 2 では透水性の違いが大きな要因となって崩れたと考えられる。

表-1 本研究で得られた透水係数と他の報告による透水係数との比較

層	仙酔峡		妻子ヶ鼻1		妻子ヶ鼻2		1990年阿蘇の崩壊 (清水ら)		伊豆大島 (福山ら)	
	黒色系	黄褐色	黒色系	黄褐色	黒色系	黄褐色	黒色土	褐色土	テフラ	レス
透水係数 (cm/s)	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	10^{-5}	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-5} \sim 10^{-6}$	10^{-3}	10^{-4}	1.1×10^{-2}	4.1×10^{-4}	3.1×10^{-3}	3.6×10^{-4}

表-1 には本研究の透水試験結果のほかに清水ら (1992) と福山ら (2014) による透水試験結果を併せて示す。いずれの調査地においても上層よりも下層の透水係数が 1 ~2 オーダー小さく、その境界で崩れたことが分かる。よって土層の透水性の違いは、間隙水圧の上昇を通じて表層崩壊の深さを決める大きな要因になると考えられる。

5. 火山灰層の地質学的起源

透水性などの土の性質の異なる各土層の地質学的な起源について、宮縁・渡辺 (1997) を参照して考察した。本研究の黒色系の層は層準、色、粒径の特徴から過去 1,000 年間に堆積した火山灰であると考えられた。一方、黄褐色層については判断できなかった。ただし、仙酔峡の黄褐色層は 3,000 年前頃の火山灰である可能性が考えられた。したがって、3 つの崩壊地では共に過去 1,000 年間に堆積した火山灰である黒色系の層が崩れたと考えられた。そのうち、仙酔峡の黄褐色層は 3,000 年前頃の火山灰層である可能性がある。

6. 阿蘇山草地斜面の崩壊形態

本研究で調査した 2012 年に発生した崩壊は深さ 1 ~2 m ほどで、透水性の異なる黒色系の層と黄褐色層の境界で間隙水圧が上昇し崩れたと結論される。阿蘇の草地斜面で 1990 年と 2001 年に発生した崩壊においても、同様の崩壊形態が確認されている。降下火山灰により形成された土層構造は、その地域一帯に広く共通すると考えられることから、今後も同様の崩壊形態が阿蘇の草地斜面において繰り返されることが強く示唆される。

引用文献

- 福山泰治郎・平松晋也・今泉文寿・宮田秀介(2014)：2013 年台風 26 号による伊豆大島における斜面崩壊発生要因の検討，平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集 B，p.B100 - B101
- 宮縁育夫・渡辺一徳(1997)：埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代からみた完新世阿蘇火山テフラの噴出年代，火山，Vol.42，No.6，p.403 - 408
- 笹原克夫・海老原和重・綱木亮介(1995)：土壌硬度を指標とした地山しらすの安定勾配の評価に関する検討，砂防学会誌，Vol.48，No.4，p.20 - 24
- 清水晃・竹下幸・水谷完治(1992)：7.2 阿蘇災害における浅層崩壊について，日本林学会九州支部研究論文集，No.45，p.177 - 178