九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

阿蘇箱石峠北西域における硬化土層の層位の検討

松本，雅道
九州大学大学院生物資源環境科学府

森脇，康介
九州大学大学院生物資源環境科学府

大村，寛
九州大学大学院農学研究院

久保田，哲也
九州大学大学院生物資源環境科学府

https://doi.org/10.15017/8878

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 62 (1), pp.63-67, 2007-02-28. 九州大学大学院農学研究院
バージョン：
権利関係：

九大農学芸誌（Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.）
第62巻　第1号　63-67　(2007)

阿蘇箱石峠北西域における硬化土層の層位の検討

松　本　雅　道[1]・森　脇　康　介[1]・大　村　　寛*・久保田　哲　也[1]
九州大学大学院農学研究院森林資源科学部門森林機能制御学講座森林保全学研究室

(2006年11月8日受付，2006年12月1日受理)

Soilhardness related to stratigraphy of tephra on the eastern caldera rim of Aso Volcano

Masamichi MATSUMOTO[1], Kosuke MORIWAKI[1]
Hiroshi OMURA* and Tetsuya KUBOTA[1]
Erosion Control Division, Forest and Forest Product Science Department, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒　　言

阿蘇カルデラの東部では，中央火口丘の噴出した降下物が表層に厚く堆積する．1990年と2001年には集中豪雨によって，これらの層が崩落する表層崩壊が多発した．清水ら（1990）は，1990年に発生した斜面崩壊において，黒土層と下位の火山灰層の間，もしくは火山灰層と基盤の間ですべり面を生じると指摘した．宮縁ら（2004）は，2001年に発生した斜面崩壊の大部分で，往生岳スコリアがすべり面に見られると報告した．表層崩壊の発生には，土層の物理的な特性が素因として重要であろう．

崩壊地には黒ボク土層と褐色火山灰土層が見られるが，これらの土層は圧密作用の影響を受け，下位の土層の土壌硬度は高いと考えられる．しかし，露頭では上下の土層と比較して硬化した土層も存在する．このような硬化した層の付近には，すべり面が形成されやすいと考えられる．また，土壌硬度が25mm 以上では植物の生育を阻害し，30mm 以上になると生育困難になることが知られており（村井，1997），すべり面に硬化した土層が存在すれば，植物の侵入を阻害して，表土侵食を進行させる危険が想定される．したがって，土層の硬化する層位を知ることは，斜面崩壊の予測のみならず，土砂流出の防止にも重要であろう．しかし，硬化した土層が特定の層位に見られるか否か，明らかではない．阿蘇カルデラ周辺では，野外で同定可能なテフラが複数知られ（宮縁・渡辺，1997），異なる崩壊地の間で硬化した土層の層位を対比することが可能である．そこで，硬化土層の層位を検討することを目的に，調査対象地内の斜面崩壊において，土層の柱状図の作成と土壌硬度の測定を行った．

本研究を行うにあたり，古閑牧野組合には現地への立ち入りを許可いただいた．深く御礼申し上げる．

調査地概要と方法

調査対象地は阿蘇カルデラの外輪山が根子岳に接する，熊本県阿蘇市箱石峠北西に位置し，標高は770mから910m である．植生は，ススキの優占する草地で，箱石川沿いの緩傾斜地にはスギが植栽される．

1990年と2001年に発生した23個所の斜面崩壊を，2003年に調査した（図1）．いずれの斜面崩壊も，表層の堆積土層が崩落し，崩壊地の滑落崖が明瞭に識別できる．崩壊地では，頭部および側壁に幅30cm の新鮮な土壌断面を設け，柱状図を作成した．また，土層の土壌硬度は，山中式土壌硬度計で10回測定した平均値を用いた．土色は標準土色帳により記録し，色相10

[1]九州大学大学院生物資源環境科学府森林資源科学専攻森林保全学研究室
[1]Erosion Control Division, Forest and Forest Product Science Department, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan
*Corresponding author（E-mail: homura@agr.kyushu-u.ac.jp）

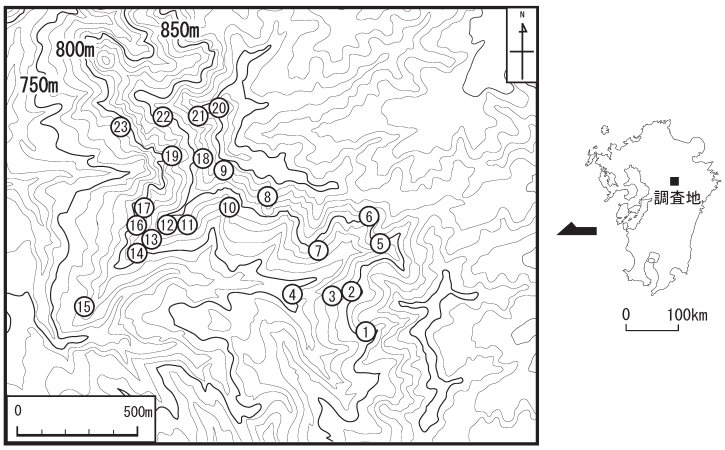

図 1　調査対象とした斜面崩壊

～5YR で，明度と彩度が 3 以下（3 / 3 を除く）を黒ボク土とした（ペドロジスト懇談会土壌分類命名委員会，1986）．黒ボク土とした以外の土色の土層は褐色火山灰土とし，スコリアのみが堆積する土層はスコリア層として区別した．

箱石峠に近い阿蘇市中道では喜界アカホヤ火山灰層（K-Ah）以降の複数のテフラの層序が明らかにされている（小野ら，1995）．筆者らは，中道地区の露頭と調査対象地の崩壊地のテフラの層位と層相を対比を行い，中岳起源のスコリア層（以下 N2S），往生岳スコリアもしくは杵島岳スコリア（以下 OjS-KsS）および阿蘇中央火口丘第 1 軽石（ACP1）を同定した．

結果および考察

1．土壌硬度

図 2 に黒ボク土と褐色火山灰土における，地表からの深さと土壌硬度の関係を示した．土壌深の対数と土壌硬度で，黒ボク土で回帰式(1)，褐色火山灰土で回帰式(2)が求められた．

$$y = 1.48\mathrm{Ln}(x) + 9.93, \quad (1)$$
$$r = 0.329,\ d.f = 178,\ p < 0.01$$
$$y = 2.07\mathrm{Ln}(x) + 11.2, \quad (2)$$
$$r = 0.276,\ d.f = 66,\ p < 0.05$$

土壌硬度は，いずれの土壌深でも褐色火山灰土より，黒ボク土が低く，土壌深100cm における値は褐色火山灰土で20.7mm，黒ボク土で16.7mm であった．

土層中のスコリア粒の存在が，圧密作用に及ぼす効果を検討するため，褐色火山灰土に OjS-KsS スコリア粒を含む土層（図 3）と，含まない土層（図 4）に

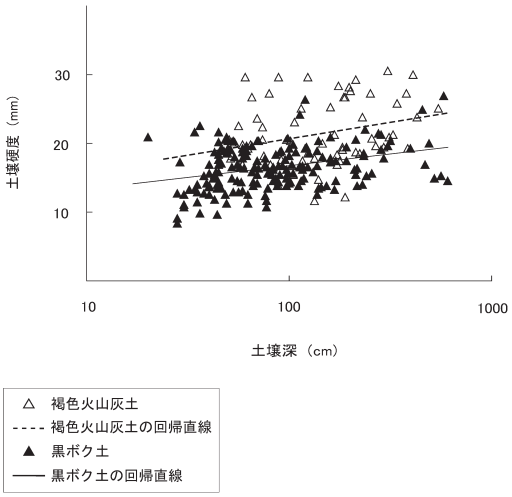

図 2　土壌深と土壌硬度

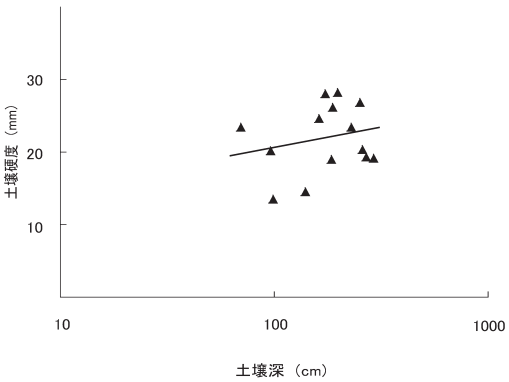

図 3　スコリアを含む褐色火山灰土の土壌深と土壌硬度

おける，土壌深と土壌硬度の関係を検討した．OjS-KsS スコリア粒を含む土層の回帰式(3)と，含まない土層の回帰式(4)が求められた．

$$y=2.53\mathrm{Ln}(x)+9.17, \quad (3)$$
$$r=0.232,\ d.f=12,\ \mathrm{NS}$$
$$y=1.94\mathrm{Ln}(x)+11.7, \quad (4)$$
$$r=0.270,\ d.f=52,\ p<0.05$$

この回帰式における土壌深100cm での土壌硬度は，OjS-KsS スコリア粒を含む褐色火山灰土で20.8mm，含まない褐色火山灰土で20.6mm である．OjS-KsS スコリア粒の有無は，土壌硬度および圧密作用に対し影響しないと推察された．

また，スコリア粒が堆積した N2S 層（図５）では，回帰式(5)が求められた．

$$y=1.69\mathrm{Ln}(x)+13.4, \quad (5)$$
$$r=0.187,\ d.f=16,\ \mathrm{NS}$$

回帰式(5)も，土層のサンプル数が少なく有意ではないが，回帰式における土壌深100cm での土壌硬度は21.2mm である．

以上の結果から，回帰式における土壌深100cm での土壌硬度は黒ボク土層で16.7mm と低く，褐色火山灰土層やスコリア層では20.6～21.2㎜と高く，腐植量が土壌硬度に関係することが推察された．一方，腐植量やスコリアの有無に関わらず，土被り圧により土壌硬度は，1.48～2.53mm/Incm の割合で高くなることが推察された．

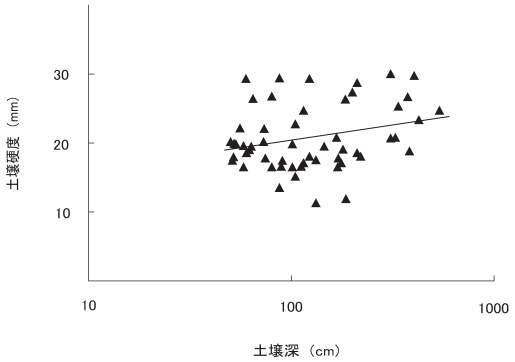

図４　スコリアを含まない褐色火山灰土の土壌深と土壌硬度

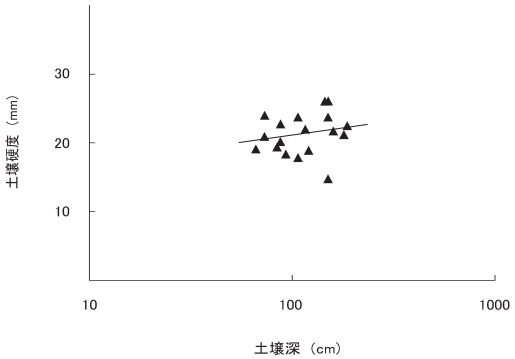

図５　N2Sの土壌深と土壌硬度

２．すべり面と硬化層

調査した23個所の斜面崩壊には，すべり面が硬化層と関連して発生したと推察されるケースが見られた．図１の No. 4 の斜面崩壊において，側壁に見られる土層の区分と土壌硬度を図６に示した．すべり面は２層あり，その土層の土壌硬度は低い．この斜面崩壊は渓岸に発生しており，下位のすべり面は谷壁斜面に再堆積した土層が，崩落したものと推察された．図１の No. 8 の斜面崩壊は，カルデラ壁上部に発生し，下部は Aso－4 火砕流堆積物の溶結部に接していた．すべり面は３層あり，すべり面に相当する土層の土壌硬度は低い（図７）．上位のすべり面と中位のすべり面間に，斜面下部に向かい N2S と下位の褐色火山灰土が変位する亀裂（図８）を，５列確認した．藤田ら(1987）の平行正断層型亀裂群と類似すると推察され

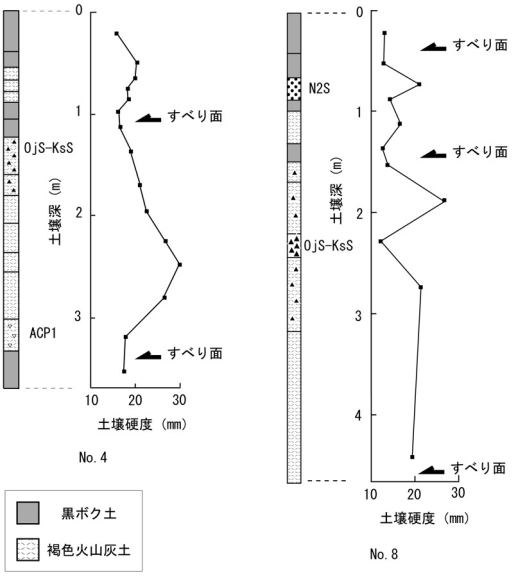

図６　土壌硬度と模式柱状図の代表例
崩壊地の番号は図１を参照．

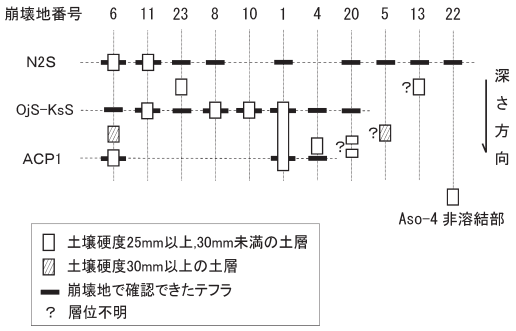

図 7　硬度25mm以上の土層の層位
崩壊地番号は図 1 を参照.

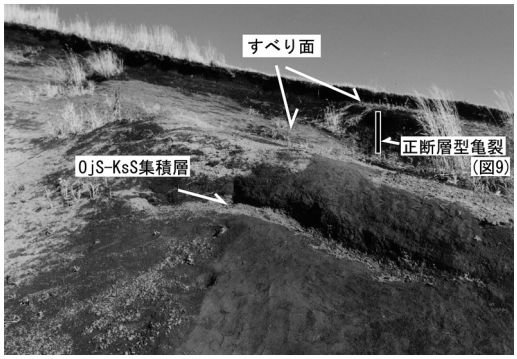

図 8　崩壊地（No. 8）における上位および中位のすべり面
下位のすべり面から撮影．崩壊地の番号は図 1，柱状図は図 6 を参照.

た．これらの亀裂は，130～144cm の埋没黒ボク土層よりも下位の褐色火山灰土層では確認できず，土壌硬度も12.6mm と低いことから，ここにすべり面が発生したと推察された．このように，土壌硬度の低い土層と，硬化した土層の組み合わせが，斜面崩壊の素因の一つであると考えられた.

3．層位と硬化層

今回調査を行った斜面崩壊23個所で，山中式土壌硬度計で25mm 以上の硬度を持つ火山灰層は11個所（47.8％）において存在する（図 7）．また，2 個所の斜面崩壊では，土壌硬度が30mm 以上に著しく硬化した土層が見られた．N2S と OjS-KsS および ACP1 のテフラを鍵に，土壌硬度が25mm 以上に硬化した土層の層位を比較すると，硬化は特定の層位に発生しない．また，同じ崩壊地で複数の層が硬化する例もある．したがって，土層の硬化は土層を構成する降下物

図 9　平行する正断層型の亀裂
図 8 を参照.

の物性によるものではなく，二次的な作用によると推察された.

このように不規則に見える分布をもつ硬化した土層の成因として，鉄イオンによるセメンテーションが考えられる．松尾・嘉門（1977）は粘土に鉄粉の添加を行い，鉄粉の酸化によるセメンテーションで粘土粒子が結合し，剪断抵抗が増すことを示した．大坪（1995）は粘土中の酸化鉄は，粘土の剪断強度を高めることを示した．硬化した土層の存在は，斜面の安定性に関連すると推察される．硬化した土層の成分分析を行うと共に，その形成機構を解明することが，地下における硬化層の分布を知る鍵であると考える.

要　　約

阿蘇箱石峠の崩壊地における，土層の土壌硬度を測定した．土壌硬度の高い層位の上部または下部に，すべり面が発生する例が見られた．また，土層の地表面からの深さの対数値と土壌硬度の間では有意な回帰直線（黒ボク土$p<0.01$，褐色火山灰土$p<0.05$）が得られ，圧密作用による効果と推察された．しかし土壌硬度が25mm 以上の値をとる土層は，かならずしも深い土層に見られない．そこで，硬化した土層の層位をテフラを鍵に比較した．その結果，土層の硬化は特定の層位で生じておらず，降下物の性質により土層が硬

化したとは考えられない．したがって，土層の硬化は，降下物の堆積による圧密作用のみならず，セメンテーションが関与すると推察された．火山灰の硬化は表層堆積物においても進行しており，土層の物理的性質を複雑化させることが示唆された．

文　　献

藤田至則・山岸武徳・山本直樹　1987　地すべり崩積土の亀裂の研究－スケールモデル実験による考察－．新潟大学積雪地域災害研究センター年報，**9**：65-83

小野晃司・渡辺一徳・星住英夫・高田英樹・池辺伸一郎　1995　阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物．火山，**40**：133-151

大坪政美　1995　海成粘土表層部における酸化鉄の生成と粘土の工学的性質．農業土木学会論文集，**176**：153-158

*ペドロジスト懇談会土壌分類命名委員会　1986　日本の統一的土壌分類体系（第１次試案）．ペドロジスト，**30**：23-39

清水　晃・竹下　幸・水谷完治　1990　阿蘇地方における豪雨災害に関する緊急調査研究．森林総合研究所九州支所年報，**3**：38

松尾新一郎・嘉門雅史　1977　鉄イオンによる軟弱粘土の安定処理．材料，**26**：1034-1040

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，**42**：403-408

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，**25**：23-43

村井　宏　1997　微地形，土壌などの局所環境と工種選択．村井　宏・堀江保夫編：新編治山・砂防緑化工技術．ソフトサイエンス社，東京，86-90頁

（＊を付したものは直接参照できなかった）

Summary

Stratigraphically, soilhardness was surveyed on the shallow landslides in Mt. Aso. Around hard layer, sliding surfaces often formed. The significant regression was found between the logarithm of the depth of soil layer and soilhardness (ash with humus $p<0.01$, brown weathered ash $p<0.05$), which indicates the effect of consolidation. However, the layers whose soilhardness are bigger than 25mm are not always deep-seated layers. The Stratigraphy of hard layers was compared by tephra. Then it was found that soil-solidification is not always seen in a specific layer, so there is no reason to presume that soil-solidification occurred due to the characteristics of the ash. Thus not only consolidation caused by the accumulation of ash but also cementation is found to be concerned with soil-solidification. The solidification of ash is in progress also in the surface layers, so it was suggested that it complicates the physical characteristics of soil layer.