

機関番号：82105

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009 ~ 2010

課題番号：21780160

研究課題名 (和文)

花崗岩地帯の崩壊斜面で確認された異常な地下水位の上昇と岩盤・土層構造の風化の特徴

研究課題名 (英文)

The heterogeneity of weathering for soils and bed rocks in the granitic slope failure

研究代表者

多田 泰之 (TADA YASUYUKI)

独立行政法人森林総合研究所・水土保持研究領域・主任研究員

研究者番号：40397518

研究成果の概要 (和文)：

本研究の目的は、崩壊が発生する水みち付近と崩壊の発生しないそれ以外の場所の地下水分布の違いが、土層・岩盤の風化度にどのような違いを生じさせているかを明らかにすることである。結果として、水みち周辺では地下水位が上昇しやすいため、水みちでない場所に比較して土層・岩盤が著しく風化していることが明らかとなった。これらのことから、崩壊は素因と誘因の両者の条件がそろう場所で生じていることが明らかとなった。

研究成果の概要 (英文)：

We focused on the location of water path to predict the failure location in mountainous slope. In this study, we discussed about the heterogeneity of weathering for soils and bed rocks in the slope failure and non slope failure location.

The results were followings; 1. Groundwater levels moved up around the water path locations. Apart from water paths, the groundwater level did not occur. 2. Soils and bed rocks were weathered around the water path locations. Apart from water paths, soils and bed rocks did not weathered. 3. Slope failure occurred under the conditions that soils and bed rocks were weathered and groundwater levels moved up.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：治山、砂防、土砂災害

1. 研究開始当初の背景

降水量が多く、地形の急峻なわが国では土砂災害が毎年多く発生する。崩壊の発生する場所を事前に予知できれば、豪雨が予測される場合に避難するなど、事前に危険を回避できる。そのため、従来、浸透解析や安定解析などの数値モデルから崩壊発生場所を推定

する試みがなされてきた(沖村ら 1986 など)。しかし、これらの解析では崩壊発生場所を精度よく推定できていない。この原因は、不均一な山腹斜面を均一と仮定して解析がなされているためである。そのため、現在はより詳細なモデルによって現実を再現する試みが進められている(例えば、小杉ら 2002、堤

ら 2005)。一方で、これらの研究によって現実を再現できたとしても、詳細なモデルになるほど入力パラメータを集める労力が増大し、実務での応用は困難となる。そのため、更に詳細な研究を積み上げる一方で、過去の研究の中で見落とされてきた崩壊を予測する上での重要な因子を見出す研究が必要と考える。

申請者は、崩壊地などで湧水が多数観察されることなどから、崩壊の場所を予測する重要な因子として、地中パイプや岩盤の亀裂などの「水みち」に着目している。すなわち、豪雨時に地下水が選択的に流れる「水みち」の位置を特定すれば、崩壊の発生位置を予測できないか?と考えた。

この仮説の立証のため、まず、地下水が流れるときに発生する微弱な音波（以下、地下流水音）から水みち位置を推定する「地下流水音探査」を開発した（多田 2006）。崩壊の多発する花崗岩地帯で、この手法を用いて水みちの分布を調査した。結果として、崩壊箇所では地下流水音が強く、崩壊が水みちの位置で発生していることを明らかにした（多田ら 2007）。また、この技術を用いて崩壊する危険性が高い場所を予測したところ、その後の豪雨で実際に崩壊が生じ、本手法の有効性を確認できた（多田 2007）。

このように、崩壊を予測する上で「水みち」の位置が重要な因子であるとの知見を得た。しかし、これらの研究では、崩壊の発生する水みちと、崩壊の発生しない水みち以外の場所の土層や基盤構造の違いは明らかでない。この違いを明らかにすることは、崩壊場所と非崩壊場所を予測する上で極めて重要な、素因と誘因の根本的な違いに関する情報を得ることができると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、崩壊が発生する水みち付近と崩壊の発生しないそれ以外の場所の地下水分布の違いが、土層・岩盤の風化度に応じたような違いを生じさせているかを明らかにすることにある。そのために、①崩壊の発生原因と考えられる水みちでの異常な地下水位の上昇と、それ以外の場所でほとんど地下水位が上昇しない現象が、どのようなメカニズムで起きているかを明らかにする。また、②この不均一な地下水位分布によって岩盤や土層の風化度の分布に応じたような違いがあるかを明らかにする。そのためには、次の3点を明らかにしなければならない。

- (1)降雨イベントに対しどのような過程を経て上に凸の地下水位分布が形成されるかを明らかにする。
- (2)地下水が岩盤底から噴出するのならば、土

層構造や岩盤構造にはどのような特徴があるかを明らかにする。

- (3)不均一な地下水位分布が、土層や岩盤の風化度の分布に応じたような影響を及ぼしているかを明らかにする。

3. 研究の方法

調査は岡山県鏡野町のヒノキ造林地で行った(写真1)。調査斜面の地形を図1に示す。調査斜面は平均勾配約35°の尾根型斜面で、地質は花崗岩よりなり、表土に火山灰が1m程度堆積している。比高25m付近には遷急線が存在し、遷急線より下方で2つの崩壊A、Bが存在する。湧水は崩壊脚部、谷などに複数見られる。

地下水の有無、土層と基盤構造およびそれらの風化度を把握することを目的として、図1に示したように、斜面の等高線方向に7つの測線を設け、地下流水音探査、簡易貫入試験、最高地下水観測、トレンチ調査、電気探査等を実施した。以下、詳細について述べる。

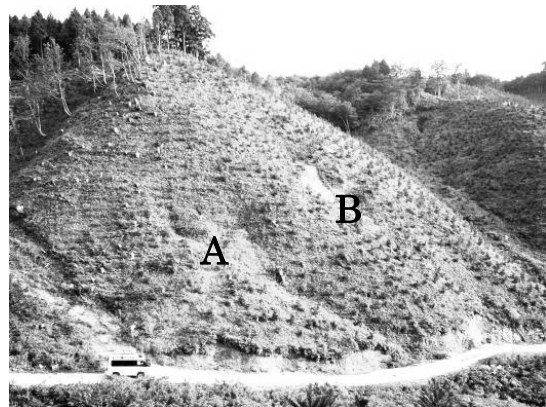


写真1 観測斜面の様子

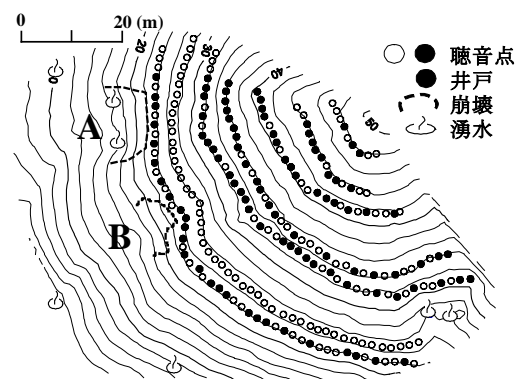


図1 調査斜面と各種測点

(1) 地下水位の測定

地下水位を測定する場所を決定するために、地下流水音探査と簡易貫入試験を図1中の○●の位置で実施した。地下流水音の測定結果を元に、地下流水音の強弱が検知された位置(図中●)に、簡易貫入試験でNc=40が得られた深度までストレーナーパイプを設置した。そして、マイクロビーズと標尺をストレーナーパイプ内に挿入し、これを最高水位計とした。最高水位計は合計100箇所設置し、降雨イベント前後に地下水位を測定した。

最高水位は合計11回の降雨イベントで測定した。各降雨イベントで観測された降水量は、21, 40, 40, 42, 43, 58, 62, 69, 86, 148, 206 mmであり、80 mm以上のものは、台風によって観測されたものである。

(2) トレンチ調査

測線L7で最高水位計を設置した位置の下流側18箇所にトレンチを掘削した。各トレンチでは地表から岩盤まで深さ10 cm毎に土壌を採取した。また、簡易貫入試験でNc=40を示す位置の岩盤を破碎し採取した。

これらの採取した土壌と岩盤は実験室へ持ち帰り、過酸化水素水によって土粒子表面に付着している有機物を排除した後、強熱減量試験を行い、土粒子、岩石内に含まれる結晶水を蒸発させ風化度を調べた。

4. 研究成果

(1) 崩壊場所と地下水発生位置

図2に測線L7で測定された地下流水音の

分布と、降水量80 mm以上(n=3)と以下(n=9)の降雨イベントで観測された最高水位の平均値を示した。また、図中のハッチは崩壊A, Bの位置を表す。図より、次のことが読み取れる。

- ①降水量が80mm以下の平常降水の場合、地下水位がほとんど上昇しない場所が多い中で、崩壊位置周辺で著しく地下水位が上昇した。
- ②降水量80 mm以上の豪雨の場合、崩壊地以外の場所でも地下水位の上昇が確認された。しかし、崩壊位置周辺での地下水の上昇が最も著しく、それ以外の場所では降水量に比較して地下水位の上昇量は低かった。
- ③降水量80 mm以下と80 mm以上で確認された地下水位を比較する。降水量の多少に係らず、崩壊地では高い地下水位が形成されている。一方で、降水量が少ない場合に地下水位が上昇しない場所でも、豪雨時には地下水位が上昇している。これは水みちから供給された地下水が周囲へ拡大することを示している。すなわち、豪雨時には水みちから供給された地下水が拡大するために、水みち周辺で崩壊が発生することを意味している。

これらより、山地にはわずかな降水量でも地下水位が著しく上昇する水みちが存在する。このような水みちでは、豪雨によって過剰な地下水が供給され、水みち周辺で飽和帯が拡大しやすい。その結果、水みち周辺で崩壊が発生すると考えられる。

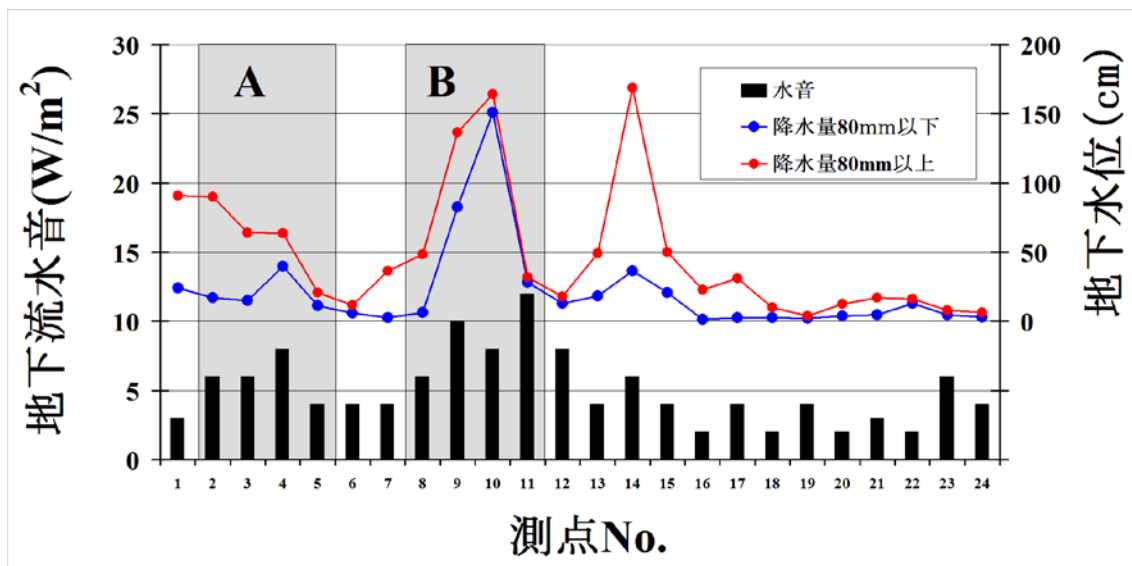


図2 地下流水音と最高水位の分布

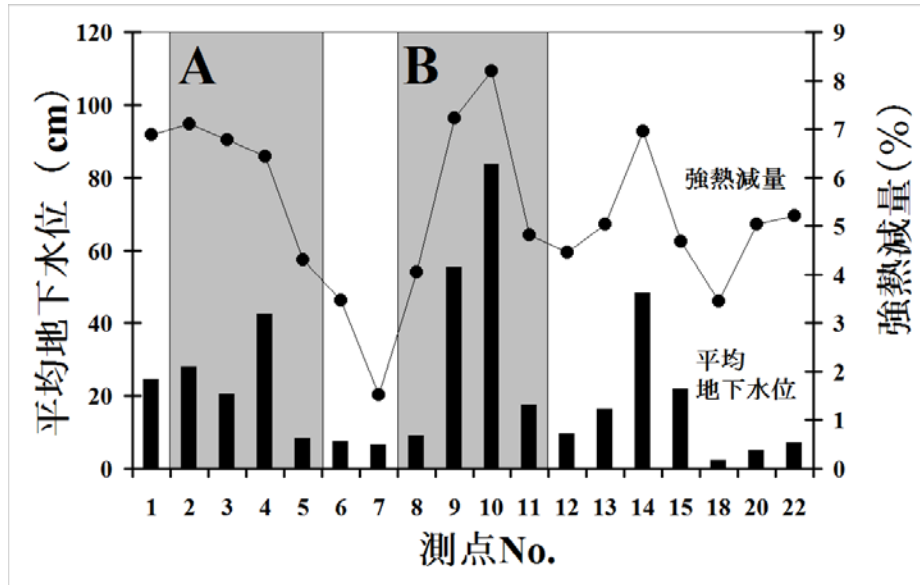


図3 平均地下水位と岩盤(Nc=40)の強熱減量の分布

(2) 土層・岩盤の風化と地下水

11回の降雨イベントで観測された最高地下水位の平均値と簡易貫入試験で $N_c = 40$ が得られた位置の岩盤の強熱減量の分布を図3に示した。なお、図中のハッチは崩壊位置を表す。

最高地下水位の平均値は、その値が高いほど降雨に対して地下水が上昇しやすいことを、強熱減量はその値が高いほど岩盤を構成する鉱物が風化していることを表す。

図より、平均地下水位の高い場所では、岩盤の強熱減量の値も高い値を示している。また、灰色ハッチで示した崩壊位置では平均地下水位と岩盤の強熱減量が共に高い値を示している。

次に、平均地下水位と強熱減量の関係を図4に示した。両者には明確な正の相関が存在し、平均地下水位が高いほど強熱減量の値が高くなっている。

これらのことから、水みちのように日常的に地下水位が上昇しやすい場所では、周囲に比較して地盤の風化が進んでいるおり、そのような場所では崩壊が発生していることが確認された。

(3) 崩壊場所の素因・誘因の特徴

前述した地下水位の観測結果と土層・岩盤の風化の特徴から崩壊場所の特徴は次のようにまとめられる。

山地には平常の降水量であっても、著しく地下水位の上昇しやすい場所が存在する。一方で、豪雨であっても地下水位がほとんど上昇しない場所も存在する。山地の地下水位の

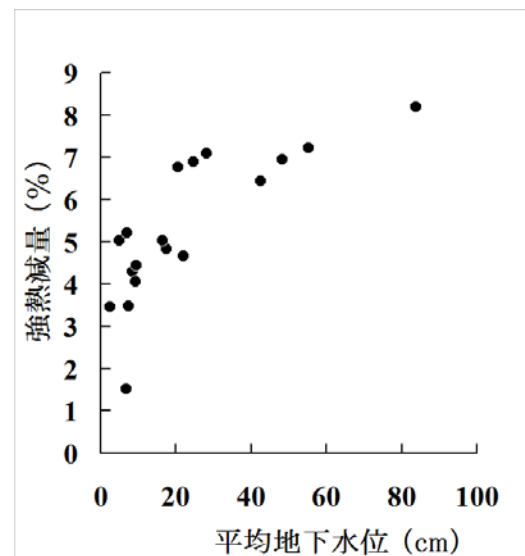


図4 平均地下水位と岩盤の強熱減量の関係

上昇しやすい場所とにくい場所は非常に不均一に分布している。

土層や岩盤の風化は、この地下水の上昇しやすい場所で行われている。これは時間が経過するほど、地下水の上昇しやすい場所とでは風化が進むため土層厚が増加するが、地下水位の上昇しにくい場所では風化の進行が遅く、土層厚が増加しにくい。結果として、両者の土層厚は時間の経過とともに差が生じ、水みち周辺では崩壊発生源となる土層が準備されていく。そして、ある時に豪雨によって厚くなった土層は崩落すると考えられる。

以上の結果から、崩壊は地下水が集中しやすかつ土層・岩盤の風化している場所、すなわち、崩壊の素因と誘因の両者の条件がそろった場所で生じていることが明らかとなった。

引用文献

1. 小杉 賢一朗(他 3 名): 表層崩壊発生予測モデルによる地下水位の再現精度の検討. 砂防学会誌, 55(3), 21-32, 2002
2. 沖村 孝: 浸透水の集水モデルを用いた花崗岩表層崩壊発生位置の予知のための手法, 新砂防 37(5), p.4-13, 1985
3. 多田泰之(他 4 名): 地下流水音による地中水みち経路の推定, 水工学論文集, No50, p.217-222, 2006
4. 多田泰之(他 6 名): 地中水みちと崩壊発生位置の関連性, 砂防学会誌, 60(4), p.3-11, 2007
5. 堤 大三 (他 3 名) パイプ流に関する数値計算モデルと人工斜面実験による検証 砂防学会誌 58(1),20-30,2005

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ①多田泰之, 「日本の国土の変遷と災害」をはじめめるにあたって, 砂防学会誌, 査読有, Vol. 63, No. 4, 2010, pp. 40-43
- ②多田泰之, 地下流水音探査による崩壊発生場所の予測 —一般市民個人からの調査依頼に応えられるユニークな技術—, 地質と調査, 査読無, 2010 年第 1 号, 2010, pp. 39-41
- ③多田泰之, シリーズ「近年の土砂災害」, -2004 年三重県宮川村で発生した土砂災害-, 水利科学, 査読有, Vol. 53, No. 4 (No. 309), 2009, pp. 11-28
- ④多田泰之, 地下水の流れる音から崩壊の場所を予測する, 森林と林業, 査読無, 2009 年 8 月号, 2009, pp. 12-13

[学会発表] (計 2 件)

- ①多田泰之, 三森利昭, 大丸裕武, 小山敢, 河合隆行, 過去 100 年間の森林と土砂災害の変化, 平成 22 年砂防学会研究発表会, 2010 年 5 月 26 日, 長野市若里市民文化ホール (長野市)
- ②多田泰之, 三森利昭, 大丸裕武, 小山 敢, 河合隆行, 過去 1300 年間の犠牲者数の推移からみた国土の風水害への脆弱性の時代変化, 平成 21 年度砂防学会研究発表会, 2009 年 5 月 28 日, 広島アステールプラザ (広島市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

多田 泰之 (TADA YASUYUKI)

独立行政法人森林総合研究所・水土保持研究領域・主任研究員

研究者番号: 40397518