

土壌水分測定による土砂崩れの危険度測定

2年3組 善福 和真 2年3組 高木 諒

2年4組 入江 柚伎 2年4組 岡添悠大郎 2年4組 清水 陽介

指導者 窪地 育哉

1 課題設定の理由

2018年7月に西日本を集中豪雨が襲った。

右の図は愛媛大学豪雨災害学術調査団による7月豪雨時の土砂崩れ発生場所を示したものである。愛媛県災害対策本部の「平成30年7月豪雨による被害状況等について（第56報）」によると、愛媛県宇和島市全域で350件を超える土砂災害が発生している。

特に、宇和島市吉田町ではみかん畑の土砂崩れによる被害が著しく、多くのみかんの木が倒れたり、死者が出たりと甚大な被害が出た。

土砂崩れとは、斜面表層の土砂や岩石が地中のある面を境に滑り落ちる現象である。雨や地震などにより、土砂をとどめていた抵抗力が斜面傾斜にともなって落下しようとする力を下回り、斜面崩壊が起こる。防災科学技術研究所の先行研究によると、次のように記述されている。「岩は硬く結合しているものだが割れ目があると簡単にはがれる。地中に水が浸透して、岩や土の粒子の隙間が水で満たされ飽和状態になると、浮力が発生して垂直抗力がその分差し引かれ、摩擦力が減少する。これが崩壊発生最大の原因である。」

そこで私たちは、土壌の水分量と土砂崩れの危険度の関係性を見つけ、危険度を数値化、可視化することで、住民の迅速な避難を促すことができるのではないかと考えた。

2 実験方法

最初に私たちは、簡易的に土砂崩れを再現するために実験装置を作成することにした。そこで私たちは、独立行政法人防災科学技術研究所自然災害情報室の土砂崩れの模式図（図1）を参考に実験装置（図2）を作った。この装置は、アクリル板を加工して簡単にみかん畑を再現



図1 宇和島市近隣の土砂崩れ箇所
(愛媛大学豪雨災害学術調査団調査により)

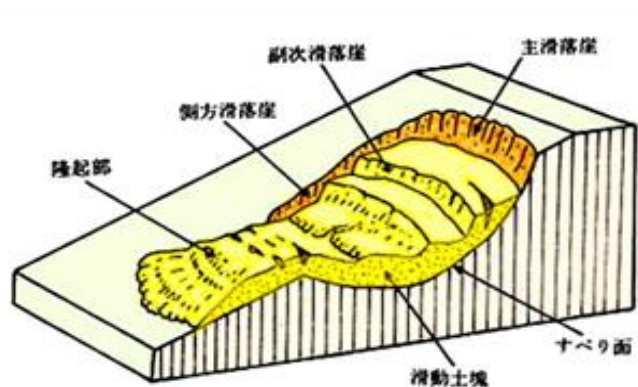


図2 斜面崩壊の模式図
(独立行政法人 防災科学技術研究所より引用)

したものである。みかん畑は水を通さない硬い岩盤の上に土壌が存在する。アクリル板を硬い岩盤とみなし、その上に実際のみかん畑の土壌を乗せた。また、みかん農家の方に聞いたところ、みかん畑の傾斜はおよそ30°であるということだったため、私たちは傾斜を30°に固定した。そして、土壌水分計・土壌酸度計（サーモ 902 株式会社アイシー制作）を上部に設置し、土砂崩れが起きた時の水分量を測定することとした。



図3 みかん畑を模した実験装置

この装置は上の（図2）と対応させた。（図2）のすべり面を装置ではアクリル板で再現した。

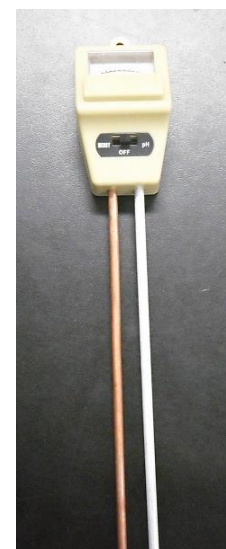
実験手順

2-1 土壌水分計による土壌水分含有指数の決定

- (1) 300mgの土を500mLビーカーに入れた。
- (2) 一定量の水を加えて土とよく混ぜた。
- (3) 土壌水分計・土壌酸度計（サーモ 902 株式会社アイシー制作）のセンサー部分をさして目盛りを読んだ。

2-2 斜面崩壊時の土壌水分の調査

- (1) 3000gの土を斜面の上に均等に敷いた。
- (2) 土壌水分計を斜面の上に設置した。
- (3) 霧吹きを用いて水を均一に降らせた。
- (4) 斜面崩壊が起こったときの土壌水分計の目盛りを読んだ。



【図-3】土壌水分計・土壌酸度計
サーモ 902 株式会社アイシー制作

3 結果

3-1 土壌水分計による土壌水分含有指数の決定

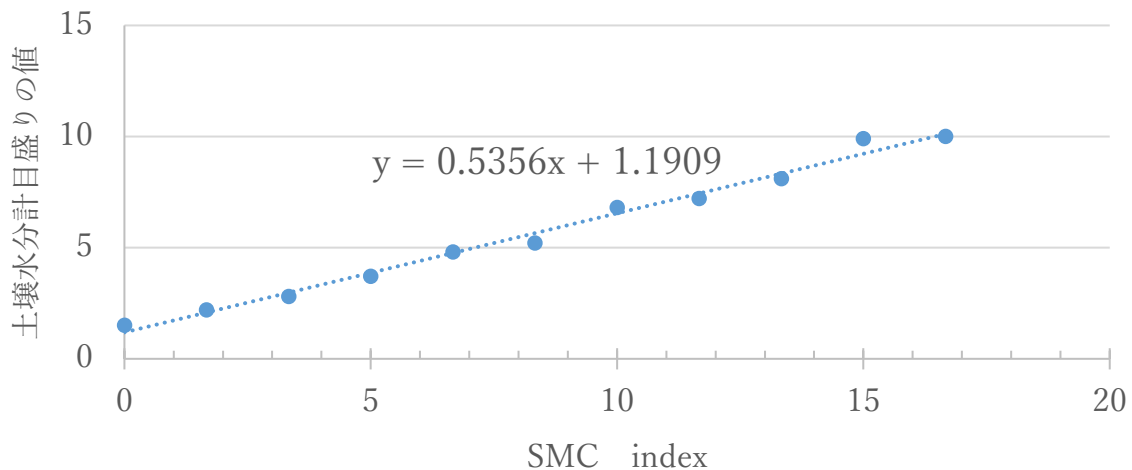
【表-1】に、実験2-1の測定結果を示した。なお、土質量 w_s g に対して加えた水の質量 w_w g としたとき、土壌水分含有指数 Soil Moisture Containing Index を【式-1】で表すものとする。

$$\text{土壌水分含有指数 SMC index} = \frac{w_w}{w_s} \times 100 \quad \dots\dots \text{【式-1】}$$

【表-1】土 300g に水を加えたときの土壌水分計目盛り

加えた水の量[mL]	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
SMC index	0	1.67	3.33	5.00	6.67	8.33	10.0	11.7	13.3	15.0	16.7
土壌水分計の目盛り	1.5	2.2	2.8	3.7	4.8	5.2	6.8	7.2	8.1	9.9	10

土壤水分計目盛りとSMCindexとの関係



【図－４】土壤水分計目盛りと SMCindex との関係

【図－４】における近似直線の式より、土壤水分計目盛り y から算出される SMCindex は【式－２】で求めることができる。

$$\text{土壤水分含有指数 SMC index} = \frac{y-1.1909}{0.5356} \quad \dots\dots \text{【式－２】}$$

3－2 斜面崩壊時の土壤水分の調査

【表－２】に、実験 2－2 の測定結果を示した。

【表－２】土 3000g に水を加え斜面崩壊を起こさせたときの土壤水分計目盛り

測定 No.	1	2	3	4	5	6	平均
加えた水の量[mL]	220	280	240	300	320	280	273
土壤水分計の目盛り	5.4	6.1	5.7	6.4	6.8	6.0	6.1
土壤水分計目盛りから算出した SMCindex	7.86	9.17	8.42	9.73	10.47	8.98	9.17

4 まとめと今後の課題

平均して土壤水分計の値が 6.1 程度を示すとき斜面崩壊が起こった。4, 5 回目は勢いよく流れた。このことから土砂崩れが起きる前の土壤が含む水分量がおおいほど勢いよく崩れ危険なことがわかった。

今回用いた雨を降らせるシステムは人力で霧吹きを使う物であり、降らせた雨の一部は風で飛んで行っていったなど、不正確な実験となったところも多かった。一定時間に均一な量の水分を降らせることのできる降雨システムを作成する必要がある。

斜面の角度と降雨量・斜面崩壊の関係、土壤の厚さと降雨量・斜面崩壊の関係など、条件を変えながら測定を重ねることで、より精度の高い土砂崩れ危険度制作に繋がっていくと考える。

5 参考文献

- ・“平成30年7月豪雨による愛媛県での地盤災害”，愛媛大学豪雨災害学術調査団，平成30年7月25日 緊急災害調査報告セッション2（一般公開）にて発表
- ・“防災基礎講座 自然災害について学ぼう 6 斜面崩壊・地すべり”，独立行政法人防災科学技術研究所自然災害情報室 HP より
- ・“平成30年7月豪雨による被害状況等について（第56報）”，愛媛県災害対策本部，平成30年7月26日

追記

今回みかん畑の土砂崩れについて課題研究を進める中で、宇和島市吉田町在住の有我英将氏主催の「大地の再生プロジェクト in 吉田町」に参加させていただいた。

7月の豪雨で土砂崩れを起こしたみかん山を再生しようとするプロジェクトで、県内外から農業を営む方や造園を営む方などが集まり、土砂崩れの起こった箇所の補修、補強を行った。炭や竹を用いて補修を行ったり、落ち葉や剪定枝を用いてみかん畑の補強を行ったり、土地全体の水分含有量を高くする目的でおがくずをまいたりするなど、様々な工夫を学ぶことができた。この場を借りてお礼申し上げたい。



写真 左上；土砂崩れが起こった場所その1。斜面が崩落し、みかんの木の根がむき出しになっている。 右上；土砂崩れが起こった場所その2。流れた土砂が道路にまで及んでいる。 左下；土砂崩れが起こった場所に炭の杭を打ち、竹で補強を行う。 右下；みかん畑全体におがくずを敷いて土地全体の保水力を高める。