

傾斜地カンキツ園における豪雨による斜面崩壊に関する調査研究

Investigation on slope failure by heavy rain in steepland orchards

○福本昌人, 島崎昌彦, 吉村亜希子

Masato FUKUMOTO, Masahiko Shimazaki, Akiko Yoshimura

1. はじめに

2004年には多くの台風が日本に上陸し、各地に豪雨災害をもたらした。ここでは、傾斜地カンキツ園における斜面崩壊の要因解明と危険度評価手法の開発を目的として、斜面崩壊が多数発生した愛媛県四国中央市の傾斜地カンキツ園（表層地質は砂岩頁岩互層）において、豪雨時の水収支の調査、および標高データによる斜面崩壊危険箇所の判定に関する検討を行った。

2. 豪雨時の水収支

【方法】 2004年台風21号豪雨で発生した図1に示す斜面崩壊の要因を把握するため、2005年に上流側に位置するカンキツ園において、土壌水分量、土壌水分ポテンシャル、表面流出量、地下水位、降水量、日射量、気温、湿度および風速の観測を行い、豪雨時の水収支を調査した。蒸発散量は気象データを用いてペンマン式で求めた。表面流出量は、溝を付けた塩ビ管を地表面直下・等高線方向に埋め、その集水量を集水面積で除して求めた。表層90cmの水分増加量は、TDR土壌水分計で測定した深さ0-30cm、30-60cm、60-90cmの体積含水率のデータを用いて求めた。深さ90cm下への浸透量は水収支の残差として求めた。なお、圃場の傾斜度は約30%、土性はシルト質壤土、深さ15~75cmの飽和透水係数は 10^{-2} cm/s前後であった。

【結果】 表1に、台風14号に伴って計250mmの豪雨があった2005年9月4~7日の水収支を示す。各日とも表面流出はほとんどなく、9月5日には降水(87mm)の98%は表層90cmに貯留され、翌日の9月6日には降水(154mm)の96%は深さ90cm以深に浸透していた。2004年には豪雨時にこの



図1 水収支調査園地

Orchard where the water balance investigation was done

表1 2005年台風14号豪雨時の水収支
Water balance in heavy rain by the Typhoon No.0523

	9月4日	5日	6日	7日	計
① 降水量	7.0	87.0 (100)	154.0 (100)	1.5	249.5 (100)
② 蒸発散量	1.6	0.5 (1)	1.1 (1)	3.3	6.5 (3)
③ 表面流出量	0.0	0.2 (0)	0.3 (0)	0.0	0.5 (0)
④ 表層90cmの水分増加量	4.0	85.4 (98)	5.0 (3)	-35.0	59.4 (24)
⑤ 深さ90cm下への浸透量	1.4	0.9 (1)	147.6 (96)	33.2	183.1 (73)

単位はmm。①=②+③+④+⑤。()内は①を100とした割合。

ような多量の地下浸透水が下流側の園地の斜面から湧出し、図1に示す斜面崩壊を引き起こしたと推測される。

3. 標高データによる斜面崩壊危険箇所の判定

【方法】図2に示すカンキツ園において斜面崩壊地点を把握するとともに、GISを用いて、農地環境緊急対策事業で整備された5mメッシュの標高データから5mメッシュの傾斜度と集水度のデータを作成し、園地内の各メッシュにおける斜面崩壊の有無を目的変数、傾斜度と集水度を説明変数とする判別分析を行った。各メッシュの傾斜度と集水度は、ArcGIS（ERSI社）に地形分析ツールTauDEM（フリー）を組み込み、そのDinf Flow Directions機能とDecaying Accumulation機能を用いて計算した。Decaying Accumulation機能は、各メッシュにある量（＝メッシュ辺長）の雨水を与え、それが傾斜方向の隣接メッシュに減衰（つまり流入量×減衰乗数＝流出量）しながら順次移動するという想定のもとで各メッシュに流入する雨水の累積値を出力する。傾斜度（＝高さ／水平距離）を減衰乗数として与えて計算し、その出力値を集水度とした。

【結果】判別分析により $Z = -2.946 \times \text{傾斜度} + 0.902 \times \text{集水度} - 8.364$ という判別式（ $Z > 0$ ならば「斜面崩壊あり」）を得た。的中率は88%と高かったが、これは大多数を占める斜面崩壊がなかったメッシュ（588個）の91%が正しく判定できたためであり、斜面崩壊があったメッシュ（71個）のうち正しく判定できたのは59%であった。図3に、「斜面崩壊あり」と判定されたメッシュと実際の斜面崩壊地点を示す。正しく判定できたのは主に谷筋部で生じた大きな斜面崩壊であり、園内道沿いの法面で生じた小さな斜面崩壊については多くが正しく判定できなかった。これは、小さな斜面崩壊には地盤の強度不足や水みち（モグラ穴やクラック）の発達等、地形条件以外の要因の方が密接に関係していることや、5mメッシュの標高データでは切り立った法面の急傾斜が把握できないことによると考えられる。なお、この方法（同じ判別式）を同地域の別のカンキツ園に適用したところ、比較的大きな斜面崩壊はほぼ正しく判定できた。かなり概略的ではあるが、農地環境緊急対策事業で整備された5mメッシュの標高データを用いて斜面崩壊の危険箇所を抽出することができると思う。



図2 斜面崩壊地点判別実施園地
Orchard where the slope failure site discrimination was done



図3 斜面崩壊地点の判別結果
Result of the slope failure site discrimination