

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○執印康裕, 加藤誠章, 鈴木雅一

1. はじめに

自然斜面における表層崩壊の発生機構を明らかにするため、表層崩壊の発生確率が高いと考えられる森林皆伐跡地斜面において表層崩壊モニタリングシステムを適用したので報告する。これまで明確な前兆現象を示す地すべりや同一渓流において繰り返し発生する火山性の土石流の現地モニタリングについては発生場の特定がしやすいこともあり、集中的な投資によるモニタリングシステムの適用が行われてきているが、表層崩壊においては、その発生が突発的なものであり発生場の特定が困難であることからモニタリングシステムが適用された事例は極めて少ない。しかしながら表層崩壊の発生確率が充分に高いと思われる対象斜面が存在する場合、モニタリングシステムの適用を試みることは、意義のあることと考えられる。そこで皆伐施業後の流域から崩壊発生の可能性が高いと思われる斜面を選定し自然斜面において表層崩壊モニタリングの適用試験を行なった。

2. モニタリング対象斜面及びシステムの概要について

モニタリング対象斜面は東京大学千葉演習林袋山沢水文試験地B流域内に位置し、地質は新第三紀層に分類される。当流域では1999年1月から4月にかけて1929年植栽スギヒノキ人工林の皆伐が行なわれており、樹木根系の枯死腐朽による土質強度の低下によって今後表層崩壊の発生が充分に予想される流域といえる。流域内のモニタリング対象斜面の設定については土層厚分布調査及び安定解析の結果等をもとに流域内において崩壊の発生確率が充分に高いと考えられるものを抽出し選定した。選定された斜面は水平長25.1m、比高23.0m、平均傾斜42.6°の北向き0次谷斜面である。

モニタリングシステムは、斜面の地表面変位、土壤水分、地下水位の経時変化を把握するための観測モニタリングシステムと斜面地表面状態の長期時系列変化及び崩壊発生前後における斜面形態の変化を画像として把握するための画像モニタリングシステムの2要素から構成されている。観測モニタリングシステムに求められる水準は、①商用電源のない場所でシステムの作動が可能であること、②崩壊発生時のデータが崩壊とともに失われないこと、③長期の作動安定性を保証するものであること、の3点である。①、②の水準については基本的にバッテリー駆動によるデータロガー(CR-10)と観測センサーを組み合わせ、ロガー本体を崩壊が発生しにくいと考えられる斜面上部の尾根部に固定することにより対処した。なおバッテリーの交換間隔は2週間に1回である。③の水準については、保守点検が容易なように観測センサー部分とロガーをつなぐコードのセンサー側とロガー側の2箇所にプラグをかませ、そのプラグからの測定値をマニュアルでも読み取れるようにしておくことによって観測値のチェック及び欠測が生じた場合の原因の特定が容易に行えるような配線をすることによって対処している。観測モニタリングシステムの観測センサー設置概要を図-1に示す。

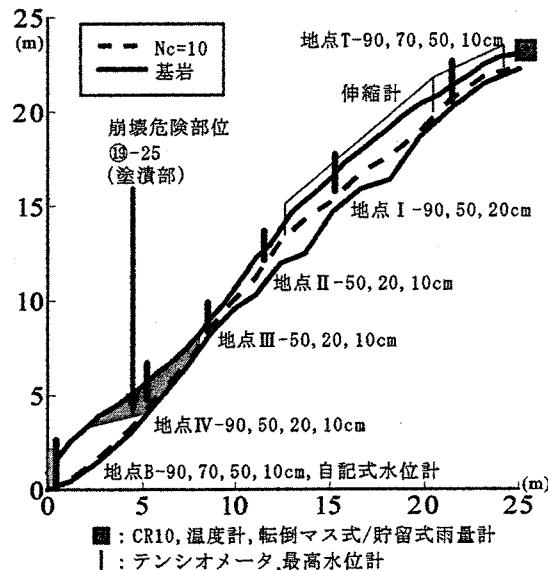
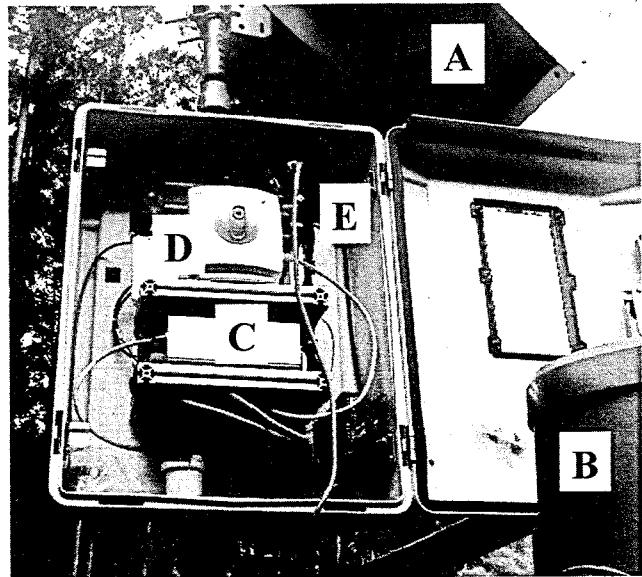


図-1：モニタリング斜面における測器の設置概要

画像モニタリングシステムにおいて、動画像と一定間隔で撮影する静止画像の2つのシステムが考えられる。いずれの場合にもカメラを作動させるためのセンサー（降雨、変位等）をトリガーとしたシステムを構築する必要があるが、動画像取得システムを採用した場合、画像容量が静止画像の場合と比較して極めて大きくなり、商用電源のない現地においては動画記録時間が短くなることから、トリガーのタイミングによっては崩壊前後の一連の画像が取得できない可能性が静止画像取得システムと比較して高いと思われる。従って今回の画像モニタリングシステムにおいては時間分解能では動画システムに劣るもの一定時間間隔で画像を取得する静止画像によるシステムを採用した。写真1に画像モニタリング装置の概略を示す。システムの作動は太陽電池パネル（写真1のA）とバッテリーによって行っている。カメラ（写真1のD）及び画像記録部（写真1のC）の作動は転倒マス式雨量計（写真1のB）によるパルス入力値とロガー内蔵タイマーに対応するデータロガー（写真1のE）によって制御されており、任意の降雨基準に及び任意の時間間隔に対応したカメラの作動が可能となっている。カメラの作動タイミングは初期設定として降雨に関係なく正午に1回画像を取得し、降雨開始時点（雨量0.5mm）で10分間隔、積算雨量が50mmの時点で5分間隔で作動し、1時間以上降雨が記録されない場合には初期設定に戻るように設定してある。なお画像モニタリング装置はモニタリング斜面向かいの南向き斜面上部の尾根部に設置した。

3. 適用結果及びまとめ

観測されている斜面土層水分の状況から、降雨に対応して乾燥と湿潤を繰り返し、斜面、上部に比較して斜面下部の方が比較的湿潤であること、夏期の無降雨時には斜面上部、下部ともに土層内の深部にまで乾燥が進んでいく経時変化が把握されている。図-2は2001年10月8日から12日にかけての（期間中の最大日雨量160mm）観測結果の一部及びそれに対応した斜面部位毎の多平面安定解析手法による安全率の変化を示したものであるが、10月10日の時点において斜面下部の安全率が最小になっており、表層崩壊が斜面下方より先に発生する可能性が高いことを示している。写真-2は画像モニタリングシステムによって取得された斜面状況の一例であるが、今後、画像より得られる崩壊発生前後の斜面変化と図-2に示したような斜面内部の水分状態の経時変化を比較検討することで、より詳細な表層崩壊発生機構の解明を進めていく予定である。



A:太陽電池パネル，B:転倒マス雨量計，C:画像記録部，

D:カメラ，E:データロガー(CR10)

写真1：画像モニタリング装置の概略

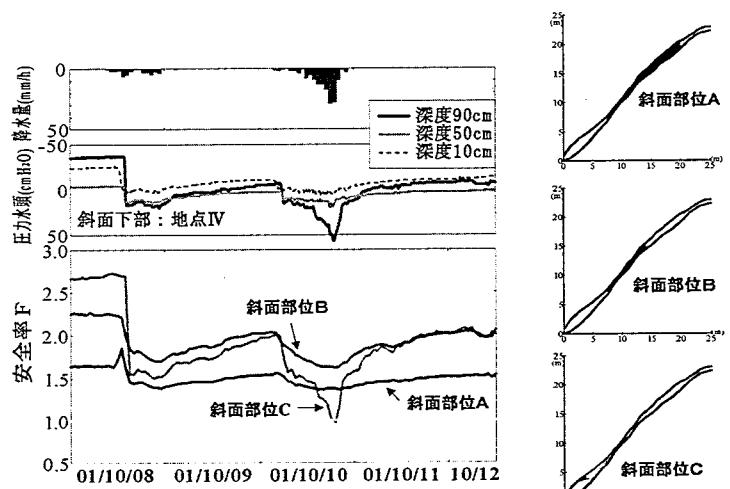


図-2 斜面観測地点IVにおける圧力水頭の変化と斜面安全率の変化



写真-2 画像モニタリングシステムによって取得された斜面状況 (2003年3月21日12時 天候晴れ)