

田上山地の裸地斜面における凍結融解と土砂生産の観測

京都大学大学院工学研究科
 京都大学防災研究所
 京都大学大学院農学研究科

○伊藤元洋
 堤大三・藤田正治・多田泰之・澤田豊明
 小杉賢一朗・水山高久

1. はじめに

流域一貫した土砂管理において、山地流域における土砂生産の量や質を予測することが、現在、重要な課題となっている。土砂生産の主な要因としては降雨や地震による斜面崩壊に加え、火山噴火や凍結融解が挙げられるが、毎年定常的に起こる土砂生産は、凍結融解作用により裸地斜面表層が不安定化し、それが降雨により洗い流されることによるものであることが、既往の研究により示されている。

このように、凍結融解現象は土砂生産において重要な役割を果たしているが、その詳細なメカニズムはこれまで明らかにされていない。そこで本研究では、凍結融解による土砂生産の支配要因を解明することを目的として、冬季の滋賀県田上山地において、裸地斜面表面の観測をおこなった。

2. 観測地および観測手法

観測は琵琶湖南岸に位置する田上山地の若女裸地谷源頭部でおこなった。観測地周辺は風化花崗岩の裸地斜面となっており、斜面全体がほぼ裸地となっているが、所々に露岩や植生が見られる。裸地表層は、かなり風化の進んだ基岩の上に3cm程度の土層がほぼ一様に覆い被さった状態となっており、基岩と土層の間には明確な境界がある。斜面の傾斜は40°程度である。

写真1に示すように、この斜面に幅180cm長さ80cmのプロットを設定し、地温・水分量・生産土砂量の計測をおこなった。プロットは左右二つに分割し、左側（プロット1とする）ではおよそ一週間ごとに土砂化した表層部をはぎ取り、その量および粒径分布を測定した。右側のプロット（プロット2とする）には観測開始以来手を加えていない。

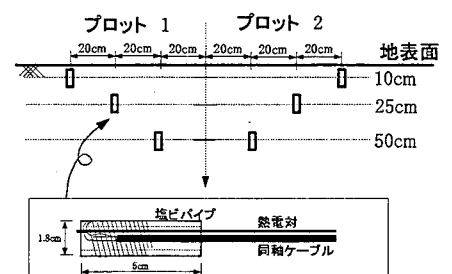
左右両プロットとも観測開始に先立ち裸地表層の土砂を取り去り、新鮮な基岩面をむき出しにさせた上で上下流端および左右にはプラスチックの板や土砂受けを設けて、プロット内外の土砂の出入りを防いでいる。土砂のはぎ取りに際しては基岩の状態を乱さないようハケを用い、明確に土砂化した層だけを掃き出した。

以上のようなプロットにおいて土砂量に加え気温、地表面温度及び、それぞれ10cm、25cm、50cmの3深度における水分および地温を連続観測した。水分測定にはTDR法、気温および地温の測定には熱電対を用い、図1に示すようにこれらのセンサーを一体としたものを基岩にドリルで穴を空けて設置した。また、地表面の温度は釘により地表面に熱電対を固定することにより観測した。

観測は2005年1月8日より開始し、データはロガーにより10分ごとに収集したが、特別に集中観測の日を設け、カメラで15分ごとに連続撮影して基岩面の変位および凍結融解の実態を観察した。変位量は、図2に示すように基岩の上に重さ400gの杭を重力以外の力を加えずに置き、基岩が凍結融解により分解して土砂化するに従って杭が沈下していった量を、写真から読み取って計測した。



写真1 観測プロット

図1 観測プロット断面図
およびプローブ

3. 観測結果

観測した地表面温度および毎週採取した土砂量から算出した土砂生産速度を図3に示す。地表面温度は期間を通じて0℃を境に頻繁に上下し、土砂もかなりの量が生産されている。平均の土砂量は4.6 kg/m²/weekである。このグラフにおいて、0℃をまたぐ回数や、最低・最高気温と土砂量との直接の相関は見られない。また、時期が遅くなるにつれて地表面温度が上昇する傾向が見られるが、土砂量に大きな変化は見られない。

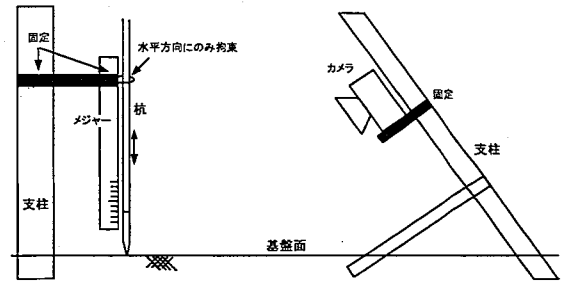


図2 基岩面沈下量観測装置

集中観測をおこなった日の気温、地表面温度、プロット1の地温の変化および、その日の基岩面の変位を図4に示す。この集中観測では、夜間に基岩が凍上することで膨張し、それが昼間融解して土砂となっていく様子が観察された。気温・地温の変化からは、凍結が地表面付近に限定されて深部には及んでいないこと、基岩面の変位からは、1回目の凍結融解による変位量が2回目の凍結融解による変位量より大きいことや、地表面温度が0℃を越えるのと同時に融解が始まっていること、融解が完了するまでにはある程度の時間がかかっていることなどが読み取られる。

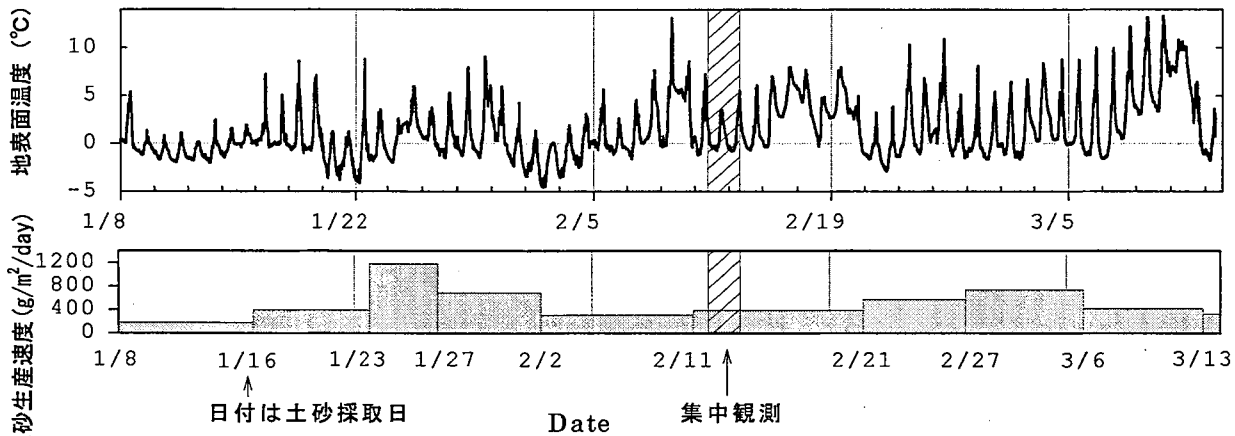


図3 地表面温度及びプロット1の土砂生産量

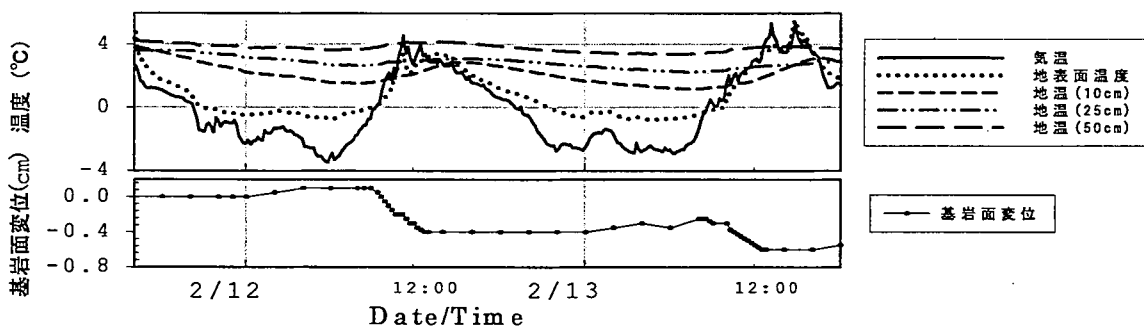


図4 集中観測結果

4. おわりに

今回の観測では、凍結融解による土砂生産の実態を明らかにすることができた。土砂生産量は凍結の頻度や大きさに必ずしも依存していないが、基岩面の変位量に関する観測結果も考え合わせれば、1回目の凍結融解により生産された土砂がそれ以降の凍結を抑制する働きをしていることが示唆され、興味深い。今後、残りのデータの解析を進め、実用的な予測モデルの提示に向けて更に考察を深めていきたい。

参考文献

- 1) 藤田正治ほか：高原川流域における土砂生産特性，水工学論文集，第49巻，pp.1075-1080，2005