

凍結融解作用による土砂生産現象の観測

京都大学防災研究所 正会員 堤大三
 京都大学大学院工学研究科 伊藤元洋
 京都大学大学院農学研究科 小杉賢一朗

京都大学防災研究所 正会員 藤田正治
 京都大学防災研究所 正会員 澤田豊明
 京都大学大学院農学研究科 正会員 水山高久

1. はじめに

土砂生産現象は、山地・河川・海岸とつながる流砂系の出発点であり、その量と質を評価し予測につなげることが、流域一貫した土砂管理を行なうためには不可欠である。土砂生産現象は、降雨や地震による斜面崩壊、火山噴火による降灰といった大規模かつ突発的なものと、凍結融解作用および乾燥湿潤作用による基岩の風化という小規模ではあるが恒常的なものに大別される。後者、特に凍結融解作用による土砂生産は、我が国の山地において毎年冬期にきまって起こり、春から秋の出水時にほぼ一定量の土砂を河道に供給しており、支配的な土砂生産源のひとつであると考えられている。このことは、山地小流域における観測によっても確かめられている¹⁾。しかしながら、農地等の平坦地土壌での凍結融解に関する研究は見られるものの、山地斜面における風化基岩の凍結融解とその作用による土砂生産に関する研究例はきわめて少ない。本研究では、山地における裸地斜面で観測を行ない、凍結融解作用による土砂生産機構の解明を試みた。

2. 観測方法

観測は、滋賀県南部に位置する田上山地若女裸地谷の裸地斜面（図-1）において、2004年12月から開始した（現在も継続中）。かつて田上山地は、全体が裸地化し、多量の土砂を生産していた。その後の緑化施行等により裸地面積は減少したが、未だ比較的多くの裸地が存在している。観測地周辺の植生として、クロマツ、ヒメヤシャブシ等が見られるが、観測斜面は完全な裸地である。斜面勾配は約30°で、非常に薄い土層（< 5 cm）が基岩を覆っている。基岩は、強風化花崗岩からなり、基岩と土層の間には明瞭な境界が見られる。

写真-1に示すように、斜面上に幅1.8 m、長さ0.8 mの領域に囲いを設置し、それを左右2等分して、それぞれ左側をPlot 1、右側をPlot 2とした。観測開始の時点で、両Plot共に表層の土砂を排除し、基岩を露出させた状態とした。観測開始後Plot 1は、ほぼ1週間間隔で表層に生産された土砂を収集し計量した。一方、Plot 2は、生産された土砂を放置し、Plotの下端境界から落下する土砂のみを収集し計量した。また、観測開始前に、基岩に直径2 cmの穴を両Plotにそれぞれ3個ずつ開け、深さ-10、-25、-50 cmの位置に熱伝対、TDR土壌水分計のセンサーを設置し、気温・地表面温度と合わせて基岩中の温度・水分量の連続観測を行なった。



図-1 観測地の位置（滋賀県南部、田上山地）



写真-1 観測斜面およびPlot設置の状況

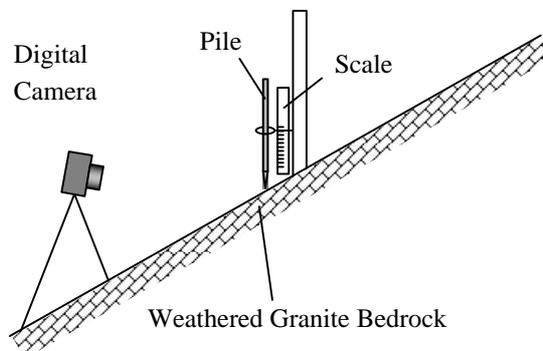


図-2 集中観測時の観測状況(Plot 1)

キーワード：土砂生産，凍結融解，氷点下，裸地斜面，田上山地，風化花崗岩

〒611-0011 宇治市五カ庄 京都大学防災研究所 電話：0774-38-4121，Fax：0774-32-6039

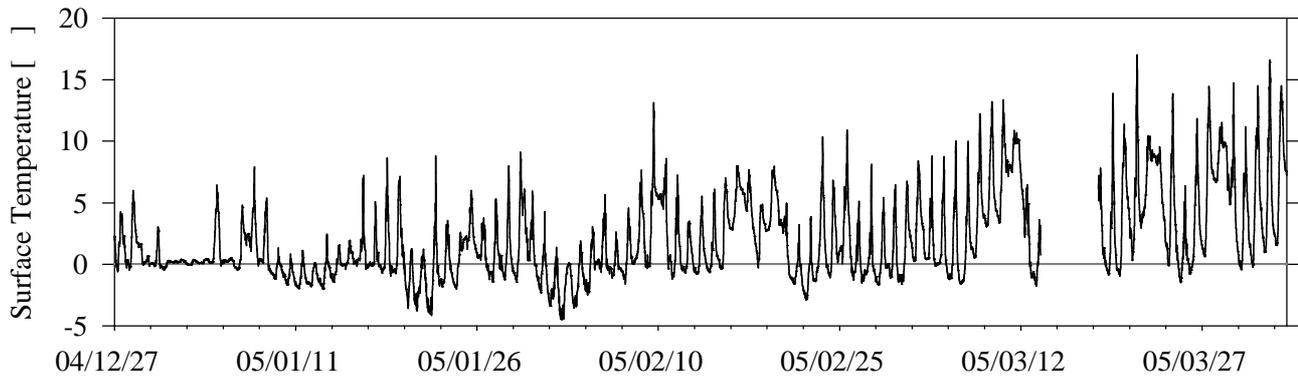


図 - 3 全観測期間における基岩表面温度変化

Plot 1 では、2 月 11 - 13 日において、デジタルカメラによる連続撮影、杭の挿入量変化による基岩の土壌化（土砂生産速度）の集中観測を行なった（図 - 2）。

3. 結果と考察

図 - 3 に基岩表面温度変化を示す。1 月初めから周期的に 0 を下回る時期がまとめて表れており、温度条件として充分凍結が起こることを示している。期間の終盤では、全体的に気温は上昇傾向になり 0 を下回る回数は減るが、3 月末でも氷点下となることがあり、この時期まで凍結が起こることを示している。

凍結融解による作用を数値化するため、氷点下となった気温を積分し、この値と土砂生産量（Plot 1）との関係を図 - 4 に示す。積算氷点下気温と土砂生産量とは正の相関を示し、凍結融解作用がこの斜面における土砂生産に支配的な影響を及ぼしていることが確認された。ただし、図 - 4 において関係が多少ばらついているのは、凍結融解による土砂生産においては、気温だけでなく、基岩中の水分の影響もあるためと考えられる。

図 - 5 に、集中観測期間（2 月 11 - 13 日）における、各温度変化と、杭の変位量によって計測した基岩面の変位を示す。この期間の連続撮影の映像によって、夜間の凍結によって基岩が膨張し、昼間の気温上昇とともに融解して土砂が生産される様子が確認されている。図 - 5 では、夜間の表面温度が氷点下、昼間は 4 程度まで上昇しており、凍結融解が起こったことを裏付けている。一方、基岩内部の温度は深くなるほど高く、安定しており、一番浅い - 10 cm でも 0 を下回っておらず、表層の非常に浅い部分のみしか凍結していないことがわかる。一方、基岩面の変位を見ると、夜間の少量の上昇の後、気温の上昇とともに急激に低下しており、融解時に土砂が生産されていることが示されている。その量は 2 月 12 日が約 4 mm、13 日が約 2 mm と非常に大きい。また、同等の温度変化にもかかわらず、日によって差が生じているのは、12 日に生産された土砂が基岩表面を覆い、断熱効果を及ぼしたことによるものと考えられる。これは、Plot 1 と 2 との総土砂生産量の比較からも明らかとなると予想される（観測終了時に実施予定）。

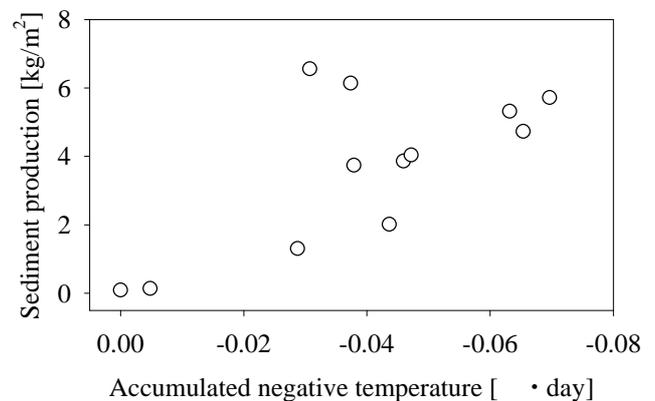


図 - 4 積算氷点下気温と土砂生産量との関係

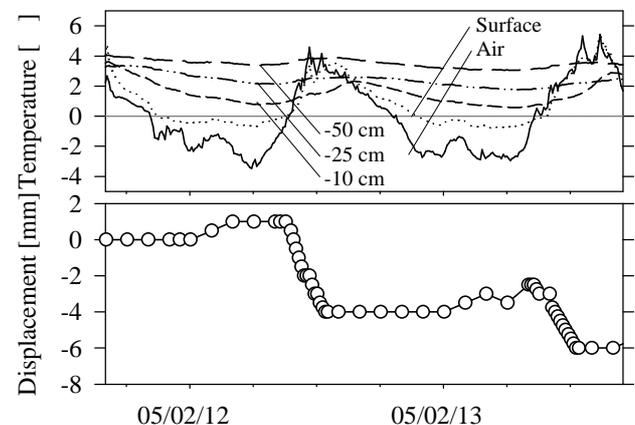


図 - 5 集中観測時の各温度変化と基岩面の変位

4. おわりに

冬期の山地裸地斜面における観測によって、凍結融解作用が土砂生産量に支配的な影響を及ぼしていることが確認された。今後、温度・水分の影響を解析し、凍結融解による土砂生産機構をより詳細に検討する。また、異なる岩質の裸地斜面において同様の観測を行ない、より一般性の高い土砂生産機構の解明を目指す。

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