

凍結融解による土砂生産特性とそのモデル化に関する基礎的研究

Study on Sediment Production due to Freeze-thaw Process

○ 堤大三・藤田正治・伊藤元洋・手島宏之
澤田豊明・小杉賢一朗・水山高久

○ Daizo Tsutsumi, Masaharu Fujita, Motohiro Itou, Hiroyuki Teshima,
Toyoaki Sawada, Ken'ichiro Kosugi, Takahisa Mizuyama

Freeze-thaw process in winter season produces sediment from weathered bedrock in mountainous area, which plays an important role in sediment transport system as an initial sediment input. To elucidate mechanisms of the sediment production due to the freeze-thaw process, we conducted a field observation on a bear-slope of Tanakami Mountains in Shiga Prefecture, from December 2004 until April 2005. We also developed a simulation method to analyze the freeze-thaw process. Observed results revealed that the freeze-thaw process caused a quite active sediment production. It is expected to be analyzed by the mathematical method to clarify the detail of the mechanism.

1. はじめに

我が国では、冬期の凍結融解作用により、山地斜面から土砂が生産される。これが流砂系への重要な土砂供給源となっている。この凍結融解作用による土砂生産機構を解明するため、滋賀県南部に位置する田上山地若女裸地谷の裸地斜面において現地観測を行なった。また、熱伝導解析により、凍結深変動のモデル化を行い、凍結融解による土砂生産量推定の数値シミュレーションを試みた。

2. 田上山地における現地観測

観測は、滋賀県大津市の田上山地若女裸地谷の裸地斜面において、2004年12月から2005年4月までの期間行った。斜面基岩は強風化を受けた花崗岩であり、生産された土砂が基岩上に薄く堆積している。堆積土砂を取除き、基岩を露出させて、約0.7m²の観測プロットを2つ設定しそれぞれPlot 1, 2とした。各プロットにはそれぞれ10, 25, 50 cmの深さに熱伝対とTDRセンサーを埋設し、各深度での地中温度、含水率を10 min間隔で測定した。また、気温と地表面温度も同様に測定した。Plot 1では、ほぼ1週間間隔で生産土砂を回収し、生産量を計測したが、Plot 2は、観測期間中生産土砂を放置し、期間の終わりに全生産土砂を回収して計測した。

3. 数値解析手法

熱伝導に関する1次元基礎式を有限要素法によ

り解くことで、基岩中に含まれる水分の凍結融解を考慮した解析をおこなった。

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \rho_i L_w \frac{\partial \phi}{\partial t} = \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_i \phi + \rho_w \theta) = 0 \quad (2)$$

$$\theta = \theta(T) \quad (3)$$

ここで、 z : 鉛直下向きの位置座標, T : 温度, ϕ : 含水率, θ : 含水率, λ : 熱伝導率, ρ , ρ_w , ρ_i : 基岩・水・氷の密度, L_w : 水の融解潜熱, c : 熱容量である。本来、媒体中の水移動が考慮されるが、ここでは簡単のため(2)式に示すように、水分移動を無視している。また、(3)式は不凍水と温度の関係式であり、Jame & Norumの経験式を用いた。

4. 結果

観測の結果、大量の土砂が凍結融解によって生産されていることが明らかとなり、土砂生産量と積算寒度や最低温度との間に明瞭な相関が認められた。また、Plot 1と2の総土砂生産量は大きく異なり、土砂層の熱伝導が影響して土砂生産が抑制されていることが確認された。

5. おわりに

熱伝導および水分凍結のモデル化で、観測結果をシミュレートし、凍結融解による土砂生産機構の詳細を明らかにしていく。