

## 登山道侵食の質・量的実態把握と流出土砂量予測式の提案

信州大学農学部 ○寺田智子（現 京都府），平松晋也，福山泰治郎  
長嶺真理子（現 八千代エンジニアリング株式会社）

## 1. はじめに

近年，登山客数の増加に伴い登山道の荒廃化が顕著にみられるようになり，本研究対象地である霧ヶ峰車山湿原でも，登山道利用者の踏圧により荒廃した登山道からの土砂流入が湿原の陸地化の一因とも言われている。本研究では，登山道上で生じる土砂流出の実態を把握し，湿原への流入土砂量の将来予測や対策工法を模索するための一助とすることを目的として，降雨時に表面流出水量と表面流出土砂量の現地観測を行った。

## 2. 研究対象地の概要

研究対象地は，八ヶ岳中信高原国定公園内に位置する長野県諏訪市の霧ヶ峰車山湿原である。降雨時には，登山道上に表面流が発生し，多量の土砂を含む表面流出水が湿原内へと流入している状況が頻繁に確認されている。

## 3. 表面流出水量と表面流出土砂量の観測

表面流出水量は，登山道上に設置した三角堰(図-1)の越流水深を自動計測し，手動計測の越流水深と表面流出水量を用いて作成したH-Q 曲線を用いて越流水深を表面流出水量に変換することにより求めた。表面流出土砂量は，降雨時に1～30分間隔で手動採水した表面流出水中の土砂濃度を測定し，この値を表面流出水量に乗じることにより求めた。観測期間は2009年4月～2010年11月の1年8ヶ月間である。

## 4. 観測結果

観測期間中，18回の流出イベントで表面流出土砂量の計測を行った。一例として，2010年6月18日～19日の表面流出水量と表面流出土砂量の時系列変化を図-2に示す。表面流出水量は降雨に敏感に反応しているが，表面流出土砂量の反応は表面流出水量の変化に対して時間経過とともに鈍くなり，同一流量時の表面流出土砂量は流量の第1ピーク以降，時間経過とともに順次減少する結果となった(図-3)。本イベントと同様の傾向を示す2010年7月1日の流出イベントでは，表面流出水量と表面流出土砂量の間には図-4に示すような明瞭なヒステリシスを確認できた。これらの傾向は，観測した流出イベントの多くにおいて確認された。以上の結果より，表面流出土砂量は登山道上の不安定土砂の存在量に依存して変化するといった興味深い事実が明らかとなった。



図-1 表面流出水量の観測装置の概要

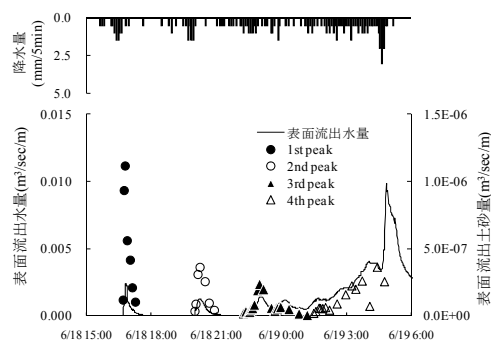


図-2 表面流出水量と表面流出土砂量の時系列変化 (2010年6月18日～19日)

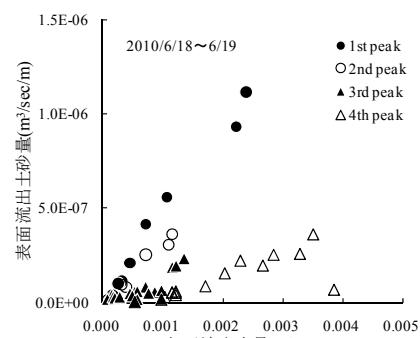


図-3 表面流出水量と表面流出土砂量の関係 (2010年6月18日～19日)

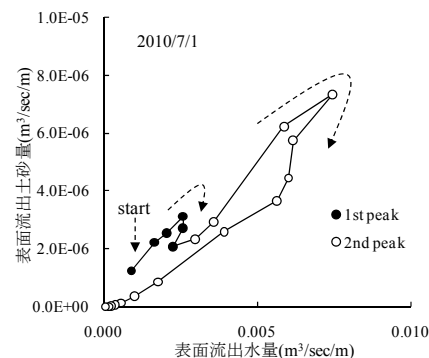


図-4 表面流出水量と表面流出土砂量の関係 (2010年7月1日)

## 5. 観測期間内の表面流出土砂量の再現

登山道上で生起する表面流出土砂量の粒度分析を行った結果、ほぼ全量が 0.1mm 以下の粒径で構成され、ウォッシュロード形態で流送されていることが確認された。前述の観測結果を勘案すると、表面流出水量に対する表面流出土砂量の反応は、「登山道上に多量の不安定土砂が存在し、表面流出水量に応じた表面流出土砂量が多量に流出する場合」と「登山道上に不安定土砂が少なく、表面流出水量が多い場合でも最低限の表面流出土砂量しか流出しない場合」の 2 パターンに分類され、それぞれ(1)式と(2)式で再現可能となった。

$$\text{最大値：} Q_{s(\text{Max})} = 5.8 \times 10^{-3} \cdot Q^{1.27} \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{最小値：} Q_{s(\text{Min})} = 6.0 \times 10^{-4} \cdot Q^{1.24} \dots \dots \dots (2)$$

ここに、 $Q_s$ ：表面流出土砂量( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ )、 $Q$ ：表面流出水量( $\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ )である。流出イベント毎の実測値と再現値の関係は、実測値が再現値(最大)と同様の傾向を示すタイプⅠ、実測値が再現値(最大)と(最小)の中間値を示すタイプⅡ、実測値が再現値(最小)と同様の傾向を示すタイプⅢに分類された(図-5)。(1),(2)式を用いて表面流出土砂量を再現すると、観測期間内である 1 年 8 か月で  $1.64 \sim 11.77 \text{m}^3$  もの土砂が流出する結果となった。

## 6. 登山道利用者数と表面流出水量を指標とした表面流出土砂量予測式の提案

不安定土砂の生産要因と考えられる登山道利用者数(N：人)や観測期間内の総表面流出水量( $Q$ ： $\text{m}^3/\text{m}$ )と、観測期間内総表面流出土砂量( $Q_s$ ： $\text{m}^3/\text{m}$ )との関係を示す図-6より、登山道利用者数や観測期間内の総表面流出水量の増加とともに、観測期間内の総表面流出土砂量が増加する傾向が認められる。以上の結果より、登山道利用者数の増加とともに登山道上に多量の不安定土砂が生産され、表面流出土砂量の増加につながるものと推察される。以上の結果を踏まえ、総表面流出水量と前流出イベント終了後からの登山道利用者数とを指標とした観測期間内総表面流出土砂量予測式を新たに作成した(3式)。総表面流出土砂量の実測値と再現値との関係を示す図-7より、若干のばらつきが認められるものの、概ね良好な再現精度が確認された。

$$Q_s = 8.49 \times 10^{-4} \cdot N^{0.25} \cdot Q^{0.23} \dots \dots \dots (3)$$

## 7. おわりに

本研究の遂行により、降雨時に登山道上で生起する土砂流出現象を精度良く予測するためには、登山道上の不安定土砂の存在量を加味する必要性が確認された。今後は、登山道上の不安定土砂の生産要因である登山道利用者数や登山道表面の水分状態を詳細に計測するとともに、降雨起因の流出土砂量を上回ることが指摘されている凍上・融雪期の表面流出土砂量予測式を構築することによって、通年の登山道侵食量の事後評価や将来予測を行う予定である。そして、これらの研究成果を登山道侵食対策事業支援ツールとして活用し、効果的な登山道侵食対策工法の提案や配置へと研究を展開していきたい。

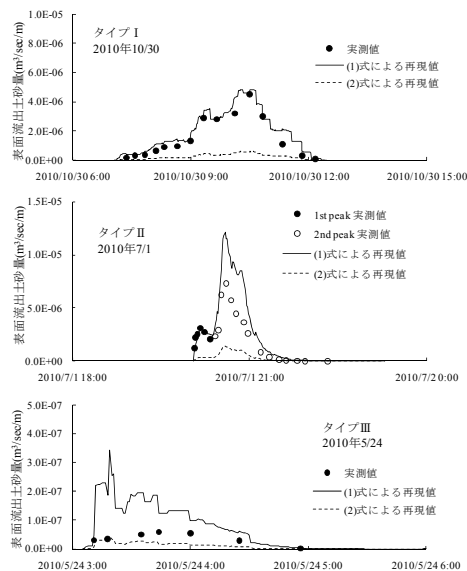


図-5 タイプⅠ～Ⅲの代表流出イベントの表面流出土砂量実測値と再現値の経時変化

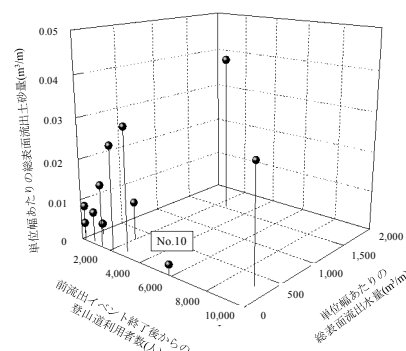


図-6 登山道利用者数と総表面流出水量と総表面流出土砂量の関係

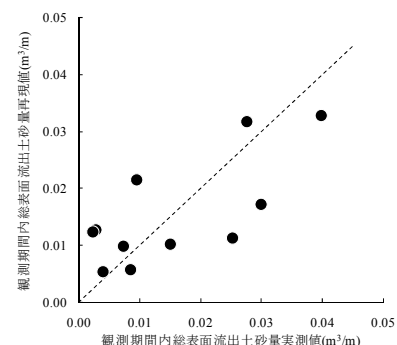


図-7 総表面流出土砂量の実測値と再現値の関係