

登山道侵食の将来予測を目的とした表面侵食土砂量予測式の精度向上の試み

信州大学農学部 ○戸崎 浩美（現 新日本設計株式会社），平松晋也，福山泰治郎，
宮前崇，黒岩知恵

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った。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，問題となっている。本研究では，登山道上で生じる土砂流出の実態を把握することにより，湿原への流入土砂量の将来予測を行うとともに，登山道荒廃化対策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。



図-1 表面流出水量の観測装置の概要

2. 研究対象地の概要

研究対象地は，長野県諏訪市に位置する八ヶ岳中信高原国定公園内の霧ヶ峰車山湿原（標高 1,769m）である。車山湿原では降雨時に，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。

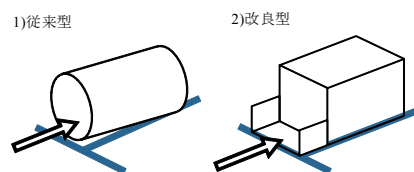
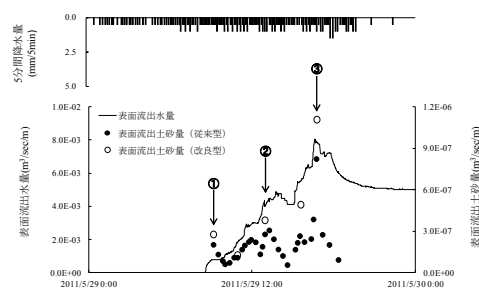


図-2 表面流出水の採水方法

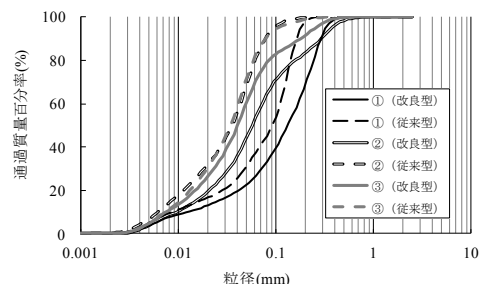
3. 表面流出水量と表面流出土砂量の観測

表面流出水量： Q は，登山道の木道下に設置した三角堰（図-1）の越流水深： H を自動計測し，この値を事前に設定した H - Q 曲線に代入することにより求めた。表面流出土砂量は，出水期間中に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乘じることにより求めた。観測期間は 2011 年 4 月～11 月の 8 ヶ月間である。なお，本研究では採水容器を河床に接地させずに採取するといった従来型の採水方法に加え，河床付近を流下する土砂も捕捉できるよう，図-2 に示す改良型の採水方法でも採水した。

図-3 表面流出水量と表面流出土砂量の時系列変化
(2011 年 5 月 29 日)

4. 観測結果

観測期間中，13 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，2011 年 5 月 29 日の表面流出水量と表面流出土砂量の時系列変化を図-3 に示す。図-3 中には，粒度分析用の流出土砂の採取時刻も併記した。従来型と改良型により採取された表面流出土砂の粒度分布を示す図-4 より，改良型で採取された土砂中には，粒径 0.1mm 以上の土砂が従来型と比較して

図-4 表面流出土砂量の粒度加積曲線
(2011 年 5 月 29 日)

11.5～24.8%も多く含まれる事実が明らかとなった。図-3 中に示すように，改良型により計測された表面流出土砂量の方が従来型により計測された表面流出土砂量よりも大きいといった事実も考え併せると，河床付近を流下する粒径 0.1mm 以上の土砂を無視できないことがわかる。表面流出水量と表面流出土砂量の関係を示す図-5(1)より，両者の間に明瞭な正の相関性

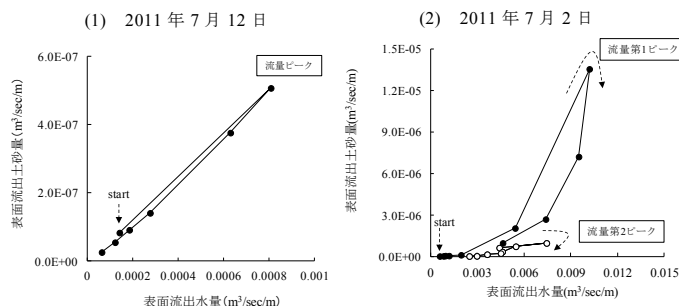


図-5 表面流出水量と表面流出土砂量の関係

が認められたものと、図-5(2)に示すように時計回りのヒステリシスが認められるイベントが存在した。このようにヒステリシスが認められたイベントは13イベント中9イベントであった。この事実より、登山道上に不安定土砂が十分に存在していると、表面流出土砂量は表面流出水量に対応して増減するが、不安定土砂が不足すると、表面流出水量に対する表面流出土砂量は順次減少していくことがわかる。以上の結果より、イベントの総流出土砂量は表面流出水量のみならず、登山道上に存在する不安定土砂量にも大きく依存していることがわかる。

5. 表面流出土砂量予測式（ウォッシュロード型）の提示

登山道上で生起する表面流出土砂量の観測結果より、改良型により採水された表面流出水中の土砂濃度は、同時刻に従来型により採水された表面流出水中の土砂濃度よりも大きくなる事実が確認された。改良型による表面流出土砂量は、表面流出水量を用いて(1)式で近似可能となる。

$$Q_s = 3.0 \times 10^{-5} \cdot Q^{0.82} \cdots (1)$$

ここに、 Q_s ：単位幅単位時間あたりの表面流出土砂量 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$ ；改良型)、 Q ：表面流出水量 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{m}$)である。

(1)式による各流出イベント時の土砂濃度計測期間内の総表面流出土砂量の再現結果を示す図-6より、土砂濃度計測期間内の総表面流出土砂量に対しては概ね良好な再現精度が認められた。

6. 登山道利用者数を加味した表面流出土砂量予測式の提案

本研究では、不安定土砂の生産要因である登山道利用者数を把握するため、登山道に歩行者カウンターを設置した。流出イベント発生前の登山道利用者数 (N ; 人) と当該イベント時の表面流出水量 (Q ; m^3/m) を説明変数として用いることにより得られた総表面流出土砂量 (Q_s ; m^3/m) 予測式を(2)式に示す。

$$Q_s = 4.21 \times 10^{-7} \cdot N^{0.31} \cdot Q^{1.08} \cdots (2)$$

(1)式と(2)式によるイベント毎の総表面流出土砂量の再現結果を比較したものを図-7に示す。同図中には総表面流出土砂量の実測値と再現値が等しくなる場合を破線で併記した。図-7より、表面流出水量のみを指標とした予測式である(1)式を用いると、総表面流出水量の大きなイベントに対する再現値は過大評価となる事実が認められる。これは、表面流出土砂量は表面流出水量のみならず流出イベント発生時に登山道上に存在する不安定土砂量にも大きく依存することが原因である。

以上の結果より、表面流出土砂量予測式の構築にあたり流出イベント発生前の登山道利用者数を説明変数として加え、間接的ではあるものの、登山道利用者の踏圧を受けることにより生産されであろう不安定土砂量を加味することにより、表面流出土砂量予測式の精度は大きく向上するものと結論付けられる。

7. おわりに

本研究の遂行により、登山道から流出する土砂量 (= 湿原への流入土砂量) 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、年間を通して最も土砂生産・流下が活発となる凍上・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。

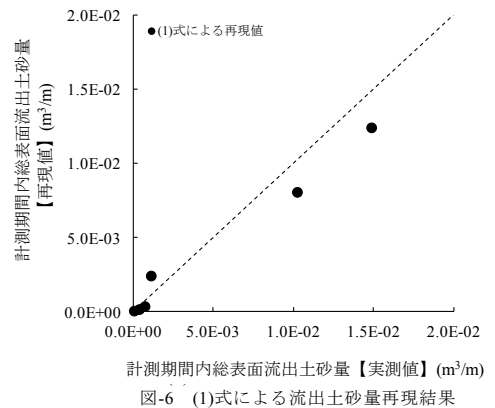


図-6 (1)式による流出土砂量再現結果

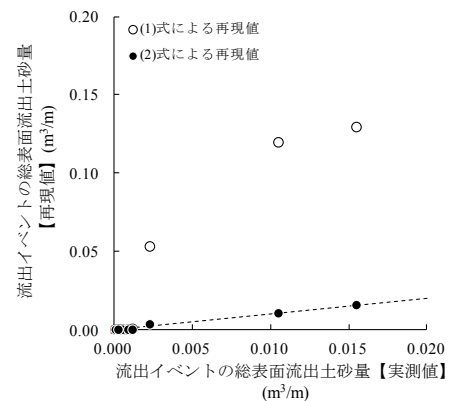


図-7 (1)式と(2)式による流出土砂量再現結果