

木道敷設の登山道侵食抑制効果に関する現象論的研究

信州大学農学部（現 株式会社トライネットホールディングス）○小塚 史眞
信州大学学術研究院農学系 平松 晋也, 福山 泰治郎

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。本研究対象地の霧ヶ峰湿原でも、荒廃登山道からの土砂流出が湿原の陸地化を促す一因とされ、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とともに、湿原への流入土砂量の将来予測を行い、登山道の荒廃化対策を考える上での一助とすることを目的として、降雨時に登山道上で発生する表面流出水量と表面流出土砂量の観測を行った。

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高原車山湿原（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

登山道上で発生した表面流出水量: Q は、登山道の木道下に設置した三角堰の越流水深: 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、出水期間中に手で採水することにより土砂濃度を算出し、この値に表面流出水量を乗じて求めた。観測期間は 2015 年 7 月～11 月の 5 ヶ月間である。

4. 観測結果

観測期間中、6 回の流出イベント時に表面流出土砂量を手動計測した。一例として、2015 年 11 月 18 日の表面流出水量と土砂濃度の経時変化を図-1 に示す。このイベントでは二回の流出が確認された。両イベントの流出土砂量は流出水量と類似した挙動を示しているものの、1 回目よりも 2 回目の出水の方が流出水量が大きいにもかかわらず、土砂濃度は小さい値を示していることがわかる。同イベント時の表面流出水量と表面流出土砂量の関係を示す図-2 より、表面流出土砂量と表面流出水量との間には正の相関関係が認められる。しかしながら、この関係を詳細に眺めると、流出開始後の時間経過とともに、同量の土砂量を流出させるために必要となる流量が増加していることがわかる。この原因としては、出水イベントの前半で登山道上に存在する不安定土砂の大部分が既に流出してしまっていたという事実が挙げられる。

5. 木道敷設による登山道侵食抑制効果

単位幅単位時間あたりの表面流出水量と表面流出土砂量の関係を図-3 に示す。図中には、既往研究により得られた結果も併記した。表面流出水量の増加とともに表面流出土砂量も増加し、表面流出土砂量は (1) 式

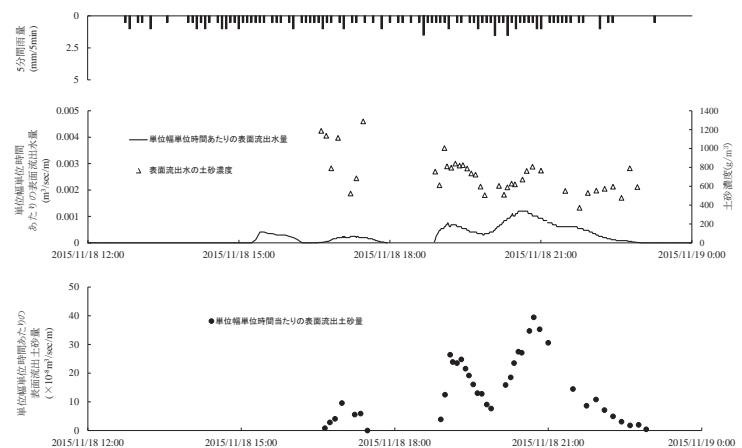


図-1 表面流出水量と表面流出土砂量の時系列変化 (2015年11月18日)

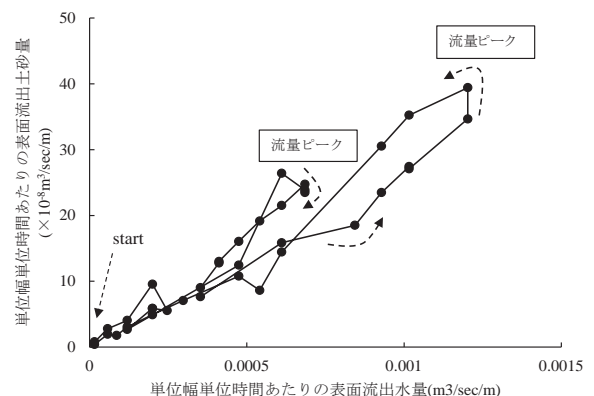


図-2 表面流出水量と表面流出土砂量の関係 (2015年11月18日)

により近似可能となる。

$$q_s = 9.0 \times 10^{-6} \cdot q^{0.63} \dots\dots\dots(1)$$

また、既往研究においても同様の検討がなされ、2009～2011年度の観測結果を用いて示された関係式を(2)～(4)式にそれぞれ示す。

$$\begin{aligned} q_s &= 1.8 \times 10^{-3} \cdot q^{1.41} \dots\dots (2) \quad \text{針生 (2009)} \\ q_s &= 5.8 \times 10^{-3} \cdot q^{1.27} \dots\dots (3) \quad \text{寺田 (2010) Max 式} \\ q_s &= 6.0 \times 10^{-4} \cdot q^{1.24} \dots\dots (3) \quad \text{寺田 (2010) Min 式} \\ q_s &= 3.0 \times 10^{-5} \cdot q^{0.82} \dots\dots (4) \quad \text{戸崎 (2011)} \end{aligned}$$

ここに、 q_s ：単位幅単位時間あたりの表面流出土砂量 ($m^3/sec/m$)， q ：単位幅単位時間あたりの表面流出水量 ($m^3/sec/m$)である。図-4に示すように、車山湿原の登山道に対し、2001年から木道の敷設が開始され、2010年12月には現在の状況(44.8%)となっていることがわかる。

(1)～(4)式を比較すると、木道敷設率の増加とともに関係式中の係数は減少し、表面流出水量に対する流出土砂量の反応が鈍くなっていることがわかる。特に、(3)式と(4)式を比較すると、係数は1オーダー以上も急激に減少していることが確認された。また、木道敷設率に変化のない2011年度と本年度研究によって得られた(1)式を比較すると、木道敷設率に変化がみられないにもかかわらず、表面流出水量に対する表面流出土砂量の反応がさらに鈍くなっていることがわかる。この注目に値する事実より、表面流出土砂量の減少には木道敷設による登山道利用客の踏圧による侵食抑制効果に加えて、木道敷設後の経過年数(植生の回復)が影響しているものと推察される。

6. 表面流出土砂量予測式の提示

前章までの研究成果を踏まえ、登山道上で生起する表面流出土砂量(Q_s ： m^3/m)の説明変数として、流出イベント発生前の登山道利用者数(N ：人)，当該イベント時の表面流出水量(Q ： m^3/m)，木道敷設率(R ： $0 \leq R \leq 1$)，木道敷設率： R に敷設時からの経過年数を乗じた変数： A を採用することにより、(5)式に示す表面流出土砂量予測式を提示した。

$$Q_s = 9.6 \times 10^{-6} \cdot N^{0.04} \cdot Q^{0.39} \cdot R^{-4.22} \cdot A^{-0.44} \dots\dots\dots (5)$$

R と A の累乗の係数がマイナス値を示していることから、木道の敷設が進み、木道敷設後の経過年数も増加すると流出土砂量は大きく減少することがわかる。一方、 N と Q の累乗の係数がプラスの値を示していることから、登山道利用者数と表面流出水量が増加すると表面流出土砂量が増加することがわかる。また、説明変数相互間で累乗の係数を比較すると、表面流出土砂量の発生には、木道敷設と敷設による植生の回復が登山等利用者と表面流出水量よりも大きな影響を及ぼしているといった興味深い事実が明らかとなった。

7. おわりに

今後は、土砂生産が活発な融雪期の表面流出土砂量の観測をおこない、大規模な土砂流出事例も加味することにより、流出土砂量予測式の精度向上を図るとともに、表面流出土砂量の事後評価や将来予測を行う予定である。また、本研究の観測結果から、木道敷設や木道敷設後の経過年数により表面流出土砂量は大きく抑制されるといった事実が明らかになったため、今後は、木道敷設や木道敷設後の経過に焦点をあて、植生の回復を指標とした登山道侵食抑制効果の評価手法の開発へと研究を展開していきたい。

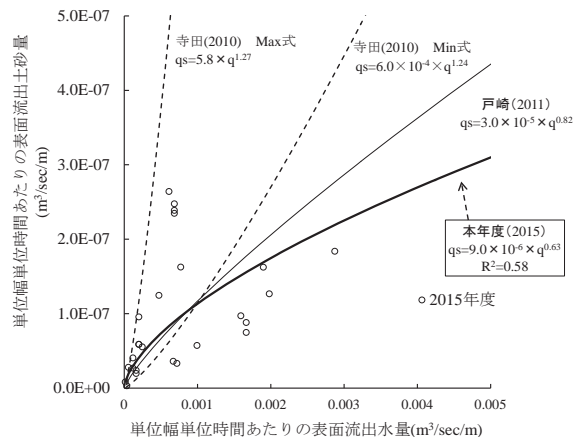


図-3 単位幅単位時間あたりの表面流出水量と表面流出土砂量の関係

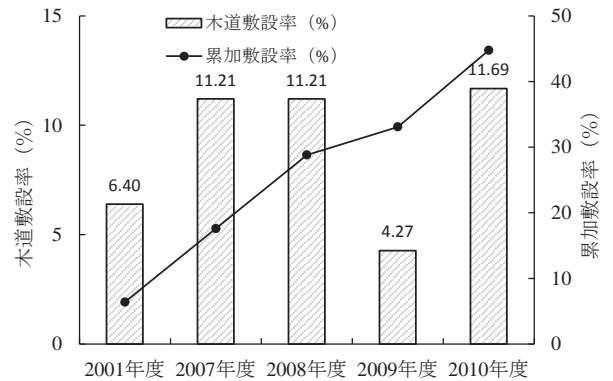


図-4 車山湿原での木道の敷設状況