

1. はじめに

近年、貴重な自然環境が残された地域にも観光施設や交通網が整備されるようになった。その結果、観光客の数が著しく増加し、日本国内の豊かな自然は今までになかった規模の人為的インパクトにさらされるようになった。特に日本百名山のような山岳地帯では、登山者の踏みつけによる植生の衰退や登山道の侵食が大きな問題となっている。本研究対象地であり、日本百名山にも選ばれている霧ヶ峰においても登山道侵食は高山植物の衰退等を引き起こす深刻な問題となっている。同時に、国指定天然記念物『霧ヶ峰湿原植物群落』で近年問題となっている湿原の乾燥化や陸地化の原因の一つに登山道からの侵食土砂の流入が挙げられており、登山道侵食の現状把握と早急な対策が求められている。

本研究では、現地観測や現地散水実験を行なうことにより、登山道上で生じる表面侵食と湿原内へと流入する土砂量の実態把握を行うとともに、降雨に対する表面流出水量や流出土砂量の応答特性について検討を加えた。

2. 研究対象地概要

本研究で対象とした霧ヶ峰(図-1)は諏訪市の北東約10kmに位置し、八ヶ岳中信高原国定公園内に位置している。霧ヶ峰には、国指定天然記念物「霧ヶ峰湿原植物群落」に属する八島ヶ原湿原、車山湿原、踊場湿原の三つの高層湿原が存在する。本研究では、特に登山道侵食が顕著である八島ヶ原湿原流域を調査対象地域とした。

八島ヶ原湿原は、標高1,630mの位置にあり、霧ヶ峰の三湿原の中で最も大きい。近年、湿原の陸地化・乾燥化が問題視されており、その原因の一つに登山道からの侵食土砂の流入が挙げられ、唯一の流入河川である雪知不沢が土砂を運ぶ水路の役目を果たしている。このため、雪知不沢と登山道との合流部の上・下流および湿原への流入口で水位と浮遊砂量を計測した。また、この合流点上流部に位置する斜面の旧登山道と草原において、自然降雨による表面流出水量と土砂量観測および散水実験を行った。

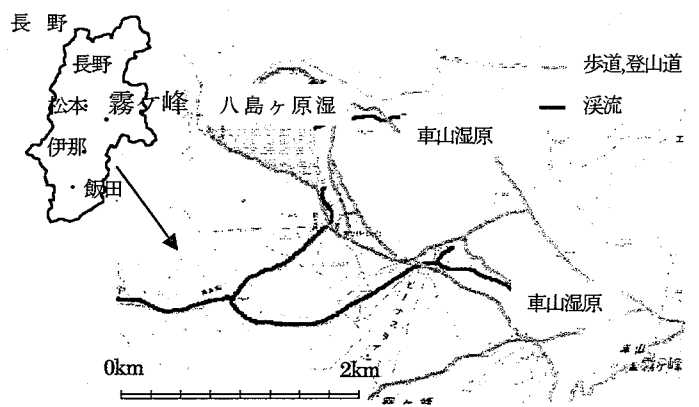


図-1 研究対象地

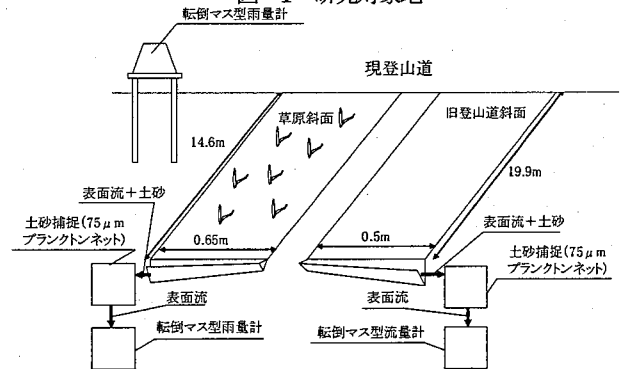


図-2 自然降雨観測斜面の概要

3. 自然降雨による流出水量と流出土砂量の観測

隣接する旧登山道と草原に雨量計、表面流出水量計測装置、表面流出土砂捕捉装置を設置し、2005年6月25日～11月30日までの約5ヶ月間、降雨時に発生する表面流出水量と表面流出土砂量を観測した(図-2)。同量の降雨が与えられた場合、旧登山道からは草原の50～8000倍程度の表面流出水が発生することが確認された。表面流出土砂量に関しては、草原からはほとんど発生しなかったのに対し、旧登山道からは0.03～19.83 g/m²(0.6～393.8g/m)と、多量の土砂流出が確認された。旧登山道からの表面流出土砂量は、累加雨量よりも10分間降雨強度といった短時間雨量に強く依存することが確認された。さらに、表面流出土砂量は表面流出水量を用いて累乗近似可能となることが示された(図-3)。

4. 散水実験による表面流出水量と表面流出土砂量

旧登山道と草原で散水実験を実施し、表面流出水量と表面流出土砂量を計測した(図-4)。定常状態時の旧登山道での流出率は61.4%～83.1%と、草原(0.2%～0.4%)の200～300倍

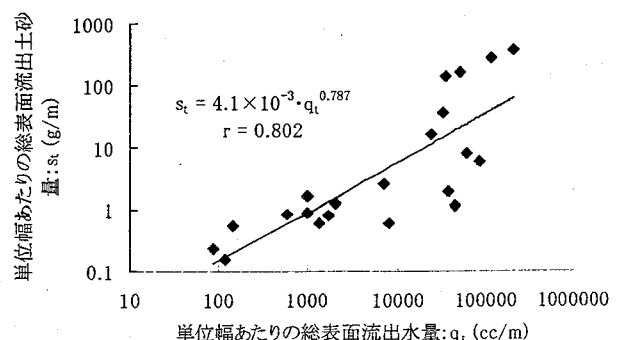


図-3 表面流出土砂量と表面流出水量の関係

の値を示した(図-5)。また、草原では散水実験中に土砂流出が見られなかったのに対し、旧登山道では土砂流出が確認され、散水強度の増加とともに流出土砂量も増加傾向を示すことが明らかになった(図-5)。これらの散水実験結果を基に散水強度と表面流出水量、表面流出土砂量の関係式を作成し(①~③式)、本研究で観測された自然降雨を対象として表面流出水量と表面流出土砂量の再現計算を行った。

表面流出水量予測式

旧登山道: $q_{at}=0.8 \cdot R_{hr}$ ……①, 草原: $q_{at}=3.8 \times 10^{-3} \cdot R_{hr}$ ……②

表面流出土砂量予測式 (旧登山道のみ)

$s_{at}=1.1 \times 10^{-5} \cdot R_{hr}^{1.572}$ $r=0.940$ ……③

①, ②式を用いて自然降雨時に発生した表面流出水量の再現計算を行ったところ、旧登山道と草原の両方で再現値のほうが実測値よりも大きな値を示した。この原因としては、浸透による損失雨量が両式には加味されていない事実が挙げられよう。自然降雨に対する表面流出土砂量の関係式(③式)による再現結果は、概ね良好に再現されているものの土砂量の増加とともに実測値のほうが大きくなる傾向が認められた(図-6)。この現象の原因としては、③式中には流水の掃流力が加味されていない事実が挙げられる。

5. 登山道から湿原への土砂の流入

登山道から土砂が流入しているものと推測される「雪知不沢」で、登山道との合流点の上流側2地点と下流側1地点および湿原への流入点1地点の計4地点で水深と流下土砂量(浮遊砂量)を計測した。2005年6月29日~10月31日の約4ヶ月間の観測結果(図-7)を基に推定した河道横断面通過土砂量は、合流点上流側の合流右支で81.23g, 合流左支で98.25g, 合流点下流側の合流下で745.67g, 湿原への流入点で441.73gであった。本来ならば流下するであろう土砂が上流側の観測点で捕捉されていることから、実際の河道横断面通過土砂量は合流下で925.15g, 湿原流入点で1,366.88gであると推察される。

登山道から雪知不沢への流入土砂量を把握するため、前章で提示した表面流出土砂量と散水強度との関係式(③式)を用いて溪流への流入土砂量の再現計算を行ったところ、雪知不沢への流入土砂量は4,351.82gであった。実測値(合流下での河道横断面通過土砂量:745.67g)と再現値との間には6倍程度の差が認められた。この原因としては、実際の登山道上で生じているであろう洗掘や堆積、掃流力の発生等が③式には加味されていない事実が挙げられる。さらに、ぬかるんだ登山道を人が歩くことにより不安定土砂が発生し、土砂流出が促進されていることも考えられる。以上のことから、実際にはさらに多くの土砂が雪知不沢へと流入しているものと推察される。

6. 今後の課題

今後は、流出土砂量(侵食土砂量)予測式として、土砂水理学的根拠に基づいた物理式を作成し、水や土砂の流下過程をも評価し得るモデルを用いて、より精度の高い流出土砂量予測が必要となる。また、今回の調査は夏季降雨のみを対象としたものであるため、今後は融雪期の観測をも実施し、年間を通した登山道侵食状況の実態を把握する必要がある。さらに、旧登山道においてどの程度の深度まで踏圧の影響を受けているのかを明らかにすることにより、登山道侵食対策を講じていく上での一助とするといった課題も残されている。

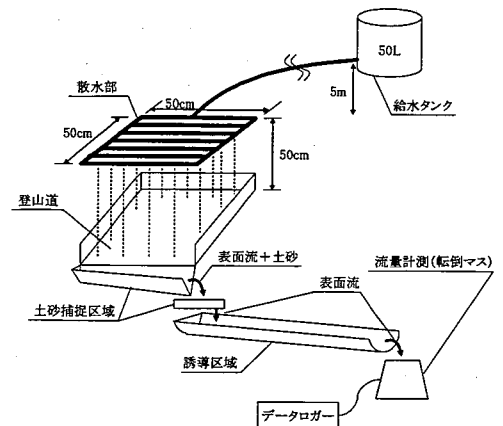


図-4 散水装置の概要

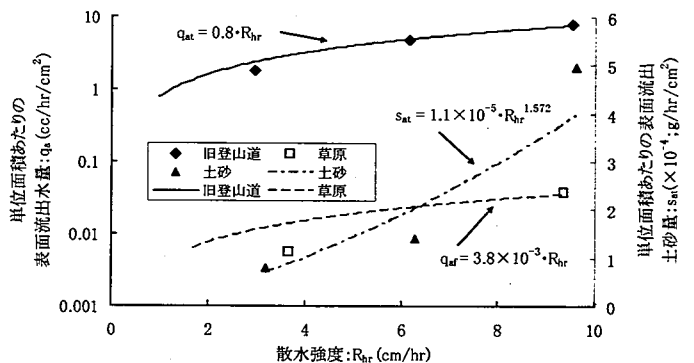


図-5 定常状態時の散水強度と表面流出水量・土砂量の関係

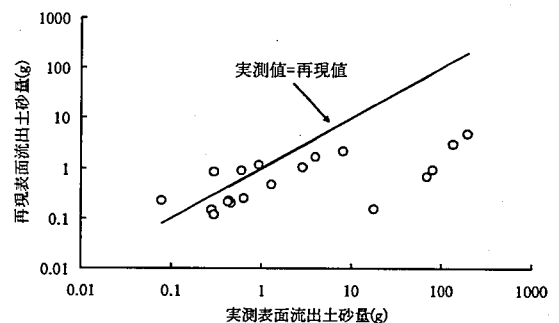


図-6 表面流出土砂量の再現

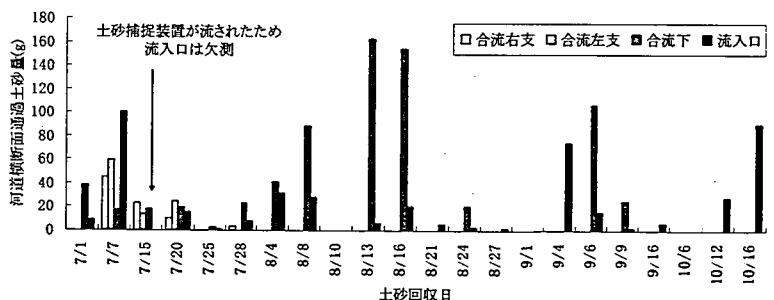


図-7 地点別横断面通過土砂量