V-041

融雪水量を考慮した斜面崩壊危険度評価のためのモニタリング

三重大学大学院生物資源学研究科　○堤大三
京都大学防災研究所　宮田秀介，市田児太朗

1. はじめに

豪雨による斜面崩壊は、斜面土層に浸透した雨水によって間隙水圧が上昇し、土層の安全率が低下することで発生すると説明される。土層構造が比較的単純な斜面では、この発生機構を物理的にモデル化し、シミュレートすることが可能である。逆に土層構造が複雑な斜面、特に斜面深部の基岩層も含めて崩壊する様な深層崩壊をモデル化することは簡単ではない。小杉ら（2013，2014）は、斜面の地下水位の変動を、実効雨量を指標とした関数モデルで表わせることを示し、雨量のみを用いて斜面崩壊危険度を評価する手法を提案している。しかし、積雪地域では、降雨に加えて融雪水が地下水位変動に寄与するため、この影響も考慮する必要がある。2017年5月に長野県飯山で発生した土砂移動現象は、融雪水が発端となったものと考えられる。

岐阜県高山市のある小学校は、背面に急峻な山地がせまっている土砂災害の危険性が高い場所に位置している。筆者らは、この小学校裏山の斜面における崩壊発生危険度を評価し、土砂災害の被害を軽減することを目的として、降雨観測と斜面からの湧水量観測を実施している（**図－１**）。この地域は冬期に最大1 m程度の積雪があり、斜面崩壊危険度評価に及ぼす融雪水の影響について検討を行う。

2. 降雨および湧水観測結果

小学校の屋上に転倒マス式の雨量計を設置し、2015 年 8 月から降雨観測を実施している。この雨量計は、ヒーター付きのため、冬期の降雪による降水量も計測することができる。2015 年 10 月から 2017 年 10 月までの時間降水量を**図-2** に示す。毎年、6 月から 10 月にかけての期間に降雨が多く、それ以外の時期は少ない傾向が明瞭に表れている。

小学校の裏山斜面において、V字堰と圧力式水位計を用いて、2016年8月から水位変動を計測している。あらかじめ計測して得られた水位と流量とのキャリブレーション関係から湧水量を計算したものを**図-3**に示す。装置に落葉や土砂が閉塞したことが原因で9-10月におよそ1ヶ月間の欠測期間がある。この様な落葉の閉塞の解消や積雪による観測不能を解決するため、湧水点と装置全体に庇を設置した（**図-1参照**）。これによって、積雪期間を含み通年で湧水量の観測が可能となった。欠測期間を除き、降雨期は大きな湧水流量が計測されているが、11月から減少し始めて12月から2月の間はほとんど湧水量がない。これは、**図-2**で示した様に、12月以降はほとんどの降水が雪として降ったため、直接斜面土層に浸透しなかったためと考えられる。しかし、3月になって再び湧水量が回復し始めている。これは、1-2月の間の低温で融雪があまり進行しなかったが、2月の終わりから3月にかけて気温が上昇傾向となり日平均気温がプラスとな

図-1　湧水量観測装置（積雪期も継続）

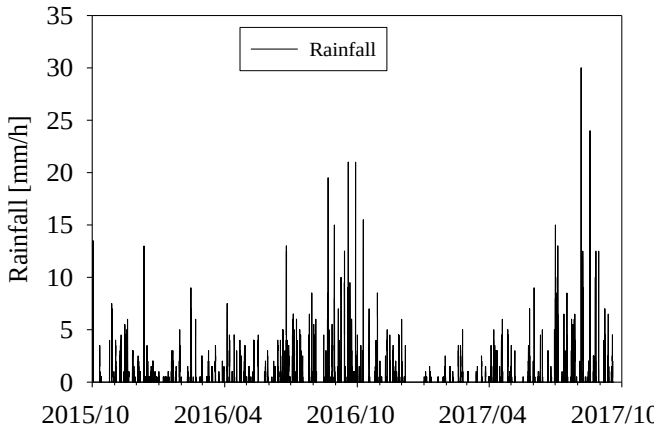

図-2　降雨量観測結果

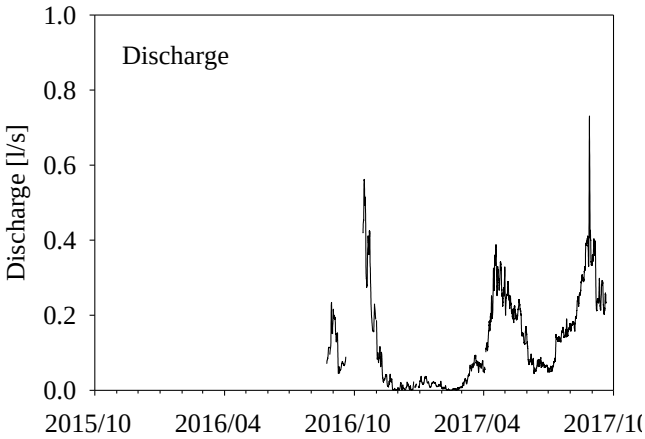

図-3　湧水量観測結果

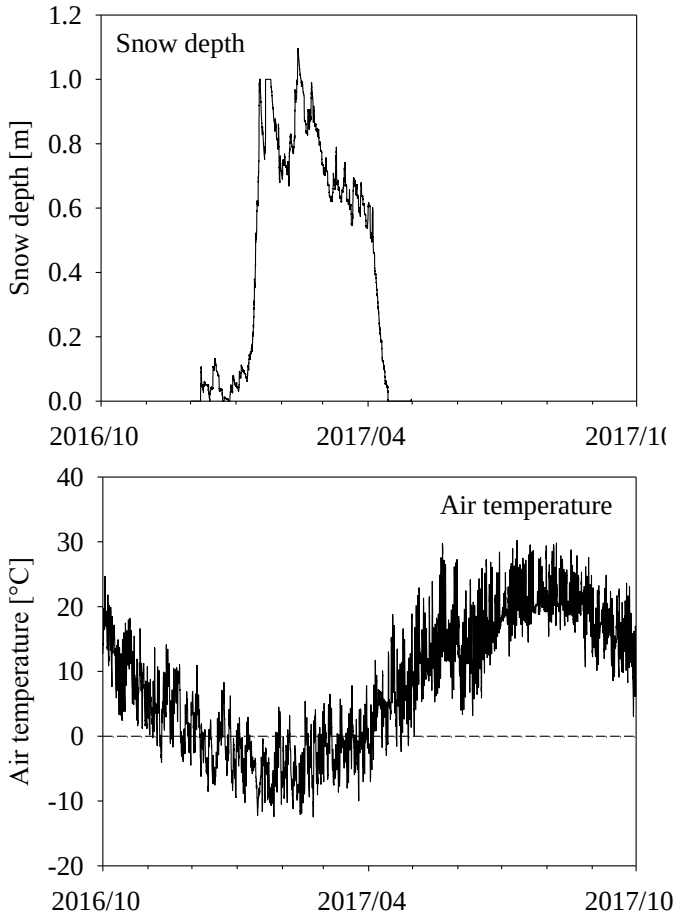

図-4　積雪深と気温の変化

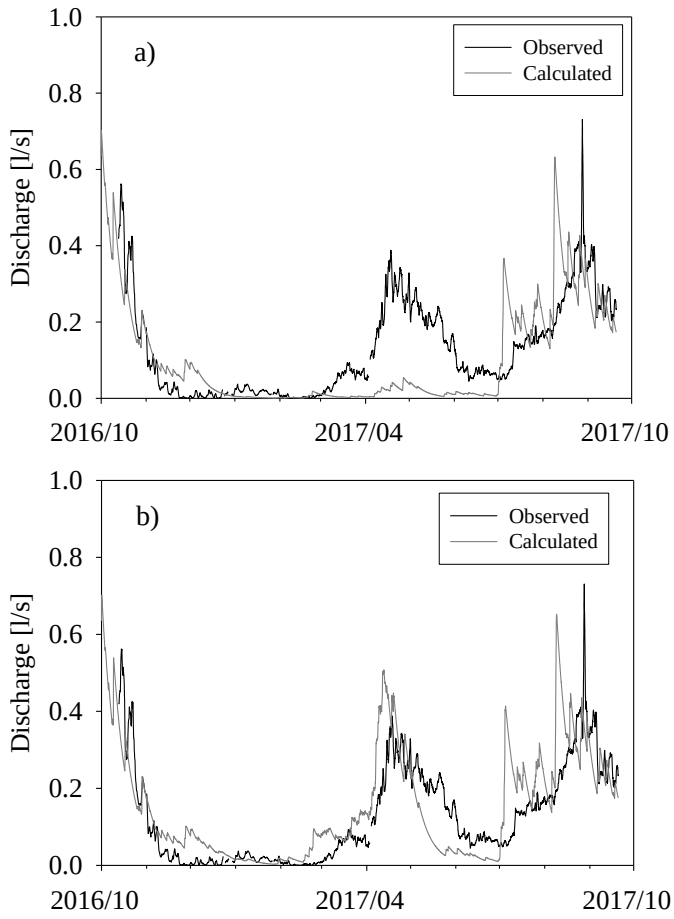

図-5　湧水量の再現計算
（融雪を a：考慮せず，b：考慮）

る日が多くなってきたことで（**図-4**）融雪が徐々に進行して、融雪水が降雨と同様に斜面土層に浸透したためと考えられる。

3. 関数モデルによる湧水量の予測

地下水位変動の代わりに、ここでは斜面からの湧水量変化を、実効雨量を指標とした関数モデルで予測することを試みる。用いた降雨データは、**図-2** に示す小学校で観測した時間降水量である。ここで 12 月以降に観測された降水は積雪として一旦地表面に蓄積される事を考え、気温が 0℃を下回る 12 月から 3 月の降水は無視することとした。検討の結果、半減期が 480 時間の 1 種類の実効雨量の指数関数モデルが比較的良く湧水量変化を表わすことができることが分かった。湧水量の実測値と関数モデルによる予測値の比較を**図-5a** に示す。細かい変動までは再現されていないが、夏期の比較的大きな湧水量が徐々に減少し、積雪期にはほとんどなくなるという大きな傾向は表現されている。一方で、3 月になって徐々に回復してくる湧水量については、関数モデルでは全く表わされていない。これは、関数モデルでは 12 月から 3 月の降水を無視しているためであり当然の結果と言えるが、実現象では、融雪水の供給が斜面からの湧水量の回復に寄与している事を考えれば、関数モデルにおいても実効雨量の中に融雪水の供給を組み込む必要がある。そこで、**図-4** に示した積雪深と気温変動のデータを元に、積雪の密度変化を考慮した積雪面低下法によって融雪水量を推定し、降雨量に加えて同様の解析を行った。その結果、**図-5b** に示すように、融雪期の湧水量の増加がよく再現されておいることが示された。

4. おわりに

本研究では、降雨や積雪、気温のデータから、融雪水量を考慮して斜面湧水量の実測値を再現することを試みた。その結果、積雪地域において斜面危険度を評価するためには、融雪水の供給を考慮する必要があることを示した。今後は、栃尾小学校での斜面危険度評価手法を実際に適応し、早期警戒・避難に有効な情報提供を行う予定である。

参考文献

小杉賢一朗，藤本将光，山川陽祐，正岡直也，糸数哲，水山高久，木下篤彦，山体基岩内部の地下水位変動を解析するための実効雨量に基づく関数モデル，砂防学会誌，66(4)，pp.21-32，2013.

小杉賢一朗，三道義己，藤本将光，山川陽祐，正岡直也，水山高久，平松晋也，福山泰治郎，地頭薗隆，関数モデルを用いた深層崩壊の要因となる基岩地下水位変動の解析，砂防学会誌，66(6)，pp.3-14，2014.