

土壌水分欠損量を用いた土砂災害リスク評価に関する検討

長岡技術科学大学大学院 非会員 中山航志
長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎

1. はじめに

土砂災害の予測を行う上で、土壌水分量の評価は重要である。従来の土壌水分量の評価手法においては、土層の深さを仮定する必要がある。仮定する土層の深さによって土壌水分の絶対量に変化がある問題がある。そこで、土壌が飽和状態にあるときを基準として、飽和状態になるまでに不足している水分量を評価する土壌水分欠損量 (Soil Moisture Deficit, 以下 SMD) という指標を用いることで土層の深さに関わらずに土砂災害予測を行うことができると考えた。

本研究では新潟県内の流域において SMD の計算を行い、土砂災害リスク評価手法としての適用性を検討する。

2. 対象地域と使用データ

対象地域は大谷ダム流域と笠堀ダム流域を合わせた範囲とする。これは、大谷ダムと笠堀ダムの間で水力発電のための導水が行われているためである。

雨量データは対象地域周辺の AMeDAS 観測点 4 か所のものを用いる。対象とする降雨は平成 23 年新潟・福島豪雨の影響により発生した土砂災害事例と比較するため、2010 年 1 月 1 日から 2011 年 12 月 31 日までの 2 年間とし、計算開始から 1 年分の結果は初期値の影響を軽減するため、使用しないこととした。図 1 に対象地域とその周辺の AMeDAS 観測点の概要、平成 23 年新潟・福島豪雨の際に三条市笠堀で土石流が発生した地点¹⁾を示す。

気温データに関しては、上記 AMeDAS 観測点のうち、気温の観測を行っている守門観測所の気温を用いることとした。



図 1 対象流域及び周辺の AMeDAS 観測点

3. 計算方法

対象地域で 1km×1km のメッシュを作成し、メッシュごとに SMD の計算を行う。

SMD は既往研究²⁾により図 2 に示すような土柱において、式 1 及び式 2 のように表されることがわかっている。

$$SMD = \int_h^D (\theta_s - \theta) dz \quad (1)$$

$$SMD = \int_h^D \left((\theta_s - \theta_r) \left(1 - \left(\frac{h + \psi_b - z}{\psi_b} \right)^{-\lambda} \right) \right) dz \quad (2)$$

ここで、 θ は体積含水率、 θ_s は残留体積含水率、 θ_r は飽和体積含水率、 ψ_b は毛管ポテンシャル、 λ は水分保持曲線の形状を与えるパラメータである。また、同研究により、SMD は h に依存しないことが示されているため、今回の計算では $h=0$ としている。

流域の蒸発は計算を簡略化するため、年間蒸発量から求めた計算時間当たりの平均の蒸発量を常に一定で蒸発させるものとした。

冬期間の積雪に関しては気温が 2°C を下回った時の降水を積雪として扱い、地下水位には直接反映しないこととした。

融雪に関しては degree day 法により気温から融雪量を求め、降雨と同様に地下水位に反映させた。degree day 法による融雪量は以下の式で求められる。

$$M = K \sum_{(T - T_B > 0)} (T - T_B) \quad (3)$$

ここで、 M は融雪量 [mm]、 K は融雪係数 [mm/°C]、 T は気温 [°C]、 T_B は基準温度 [°C] である。今回は一般的な値として $K=2\text{mm/°C}$ 、 $T_B=0\text{°C}$ を用いる。

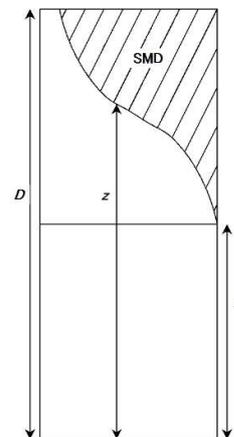


図 2 仮定する土柱

SMD を計算するフローチャートを図 3 に、SMD の計算に用いる各パラメータを表 1 に示す。雨量データはティーセン多角形を用いてメッシュごとに近隣の AMeDAS 観測点のものを用いる。計算を容易にするために、メッシュ間での水の移動は考えないものとした。計算は fortran90 によるプログラムを用いた。

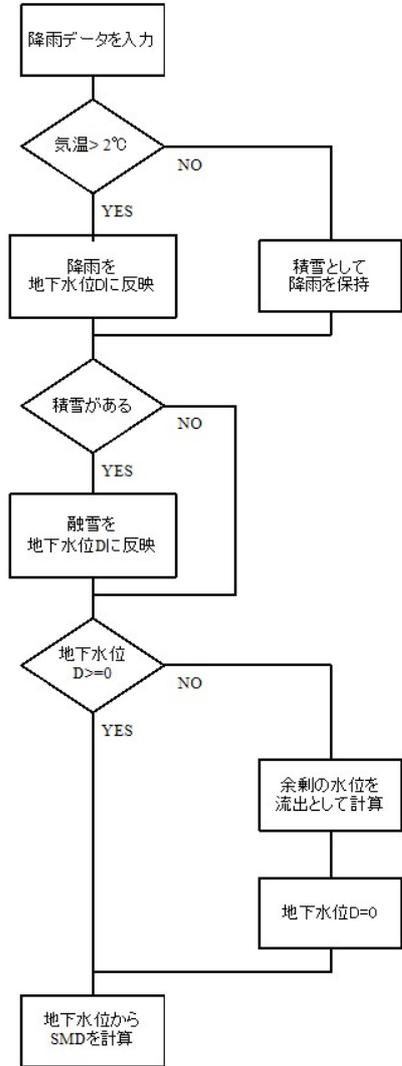


図 3 SMD 計算フローチャート

表 1 SMD 計算式のパラメータ

θ_s	0.4
θ_r	0.077
Ψ_b	-0.2
λ	3.5

参考文献

- 1) 平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨および平成 25 年 7 月豪雨による土砂災害の記録, 新潟県土木部砂防課, p. 14, 2017
- 2) 金子真郷, 陸旻皎: 土壌水分が流出に与える影響について, 第 26 回土木学会関東支部新潟研究調査発表会論文集, pp. 112-113, 2008

4. 結果と考察

SMD を計算した結果を図 4 に示す。今回は平成 23 年新潟・福島豪雨の際に三条市笠堀で土石流が発生した 2011 年 7 月 30 日を中心と前後 15 日の SMD を示した。

SMD は降雨がない 7 月 25 日までは上昇し、7 月 25 日の降雨とともに急激に減少している。その後、土石流が発生する 7 月 30 日までの数日間の降雨で SMD がほぼ 0 になっている。この事例では 7 月 28 日時点で SMD が 0 になった。その後も降雨は続き、7 月 29 日 10 時 50 分に平成 23 年新潟・福島豪雨における宮寄上観測点での最大の降雨 (19.5mm/10min) があつたあと、土石流が発生した。SMD が 0 になった状態では土壌は飽和しているため、SMD が 0 になってから大きな降雨があつた今回の事例では土砂災害が発生する危険性がかなり高かつたことが考えられる。

以上のことから、今回の土砂災害事例においては、SMD の結果から土砂災害が発生しやすい状況であつたことがうかがえる。今回対象とした流域においては他の土砂災害事例が見うけられなかつたため、他の事例における解析は今後の課題となる。

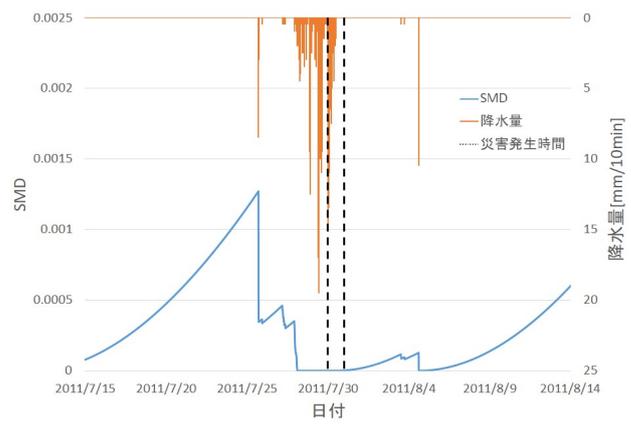


図 4 SMD 計算結果 (2011/7/15~2011/8/14)

5. まとめと今後の展望

本研究では土壌水分欠損量(SMD)の土砂災害リスク評価手法としての適用性を新潟県内の流域において検討した。その結果、平成 23 年新潟・福島豪雨において発生した土石流発生時に SMD が低くなつてゐることがわかつた。

今後の展望としては、新潟県内全域で同様の計算を行い、複数の土砂災害事例での検討を行うとともに、地域特性を考慮して SMD 計算パラメータを決定することで、小規模な降雨イベントにおける土砂災害リスクの評価も検討していきたい。