

厚真川流域を対象とした崩壊裸地斜面からの土砂流出に関する研究 Sediment Runoff from Bare Slopes in the Atsuma River Watershed

○篠原滉志・山野井一輝・川池健司・小柴孝太・中川一

○Koshi SHINOHARA・Kazuki YAMANOI・Kenji KAWAIKE・Takahiro KOSHIBA・Hajime NAKAGAWA

A number of slope failures occurred due to the Hokkaido Eastern Iburi earthquake on September 6, 2018, in Japan. The sediment produced from bare slopes is expected to flow into the Atsuma River and be transported to the river mouth and sea area in the long term. It may cause damage to agricultural land and fishery resources. In this study, we established a method for predicting sediment runoff from bare slopes through hydraulic experiments and reproducing calculations using a two-dimensional water-sediment transport model. We developed a sediment supply model on bare slopes from the multiple regression on the results. As a result of incorporating the supply model into a watershed sediment dynamics model, we were able to express the increase in sediment discharge during the first runoff period.

1. はじめに

北海道胆振東部地震により、北海道厚真町の厚真川流域にて多数の斜面崩壊が発生した。降雨時、斜面崩壊によって生成された崩壊裸地斜面から土砂が流出し、河道に流れ込むことで、下流に広がる農地、水産資源への被害が考えられる。また、当流域内の崩壊裸地斜面は、複数の火山噴出物の堆積影響により表層が粘土層、砂層の混在状態となっている。以上より、混在場からの土砂流出を考慮した流域土砂動態モデルによる流域の土砂動態予測が必要である。

そこで、本研究では、水理実験と数値計算モデルを用いた再現計算によって数値計算モデルの妥当性を検証し、当モデルの結果を重回帰分析することによって崩壊裸地斜面からの土砂供給モデル構築を目指す。

2. 崩壊裸地斜面からの土砂供給モデル構築

2.1 水理模型実験

表層が粘土層と砂層が混在する崩壊裸地斜面を模し、人工降雨を与えた水理模型実験を行った。実験では、長さ263cm、幅169cmの矩形水路を流下方向に3分割して使用し、勾配は15度とした。ここに、平均19.7mm/hで4時間の降雨を与えた。ただし、1時間おきに降雨を中断し、レーザースキャナーによって表面形状を計測した。また、粘土にはカオリン、砂には7号珪砂を使用した。実験ケースの模式図を図1に示す。

2.2 再現計算

数値計算モデルを用いて、実験の再現計算を行った。当モデルは、飽和側方浸透流を考慮した降雨浸透モデルと掃流砂と浮遊砂、粘土の侵食¹⁾を考慮した土砂移動モデルを組み合わせた平面2次元のモデルである。また、地表面における浸透能 f_0 を設定し、これを上回る降雨時に表面流が生じるものとしている。砂層・粘土層の土砂条件を表1に示す。

2.3 実験結果と計算結果の比較

降雨開始240分後の実験と計算における表面変位を図2に示す。この図から、1aにおいて実験の上流部～中流部にお

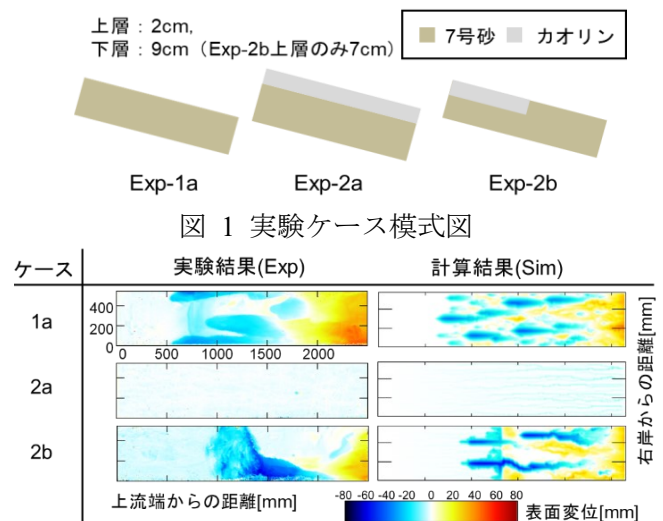


図 1 実験ケース模式図

図 2 240 分後の表面変位

表 1 土砂条件

土砂	浸透能 f_0	飽和透水係数 k_0	粒径 d_m
砂	900 mm/h	1.5×10^{-4} m/s	0.2mm
粘土	5.8 mm/h	1.6×10^{-6} m/s	-

ける侵食、下流部における堆積を表現することができた。また、2aにおいて、実験にて斜面全域に表面流が発生するが、粘性の影響で、侵食は穏やかであった。これは、計算においても同様の傾向を示した。最後に、2bにおいて実験では、上流側の粘土層にて、表面流が発生し、下流に流出が集中することで、砂層の浸透能を上回り、侵食が確認された。また、計算では上流の粘土層で筋状の侵食が見られるが、実験と同様に、上流からの表面流の流出により、砂層の侵食が活発であった。以上のように、再現計算に用いた数値計算モデルは、砂・粘土混在場における土砂流出をある程度表現できることが分かった。そこで、当モデルを実スケール斜面に適用し、供給土砂量予測の構築を試みた。

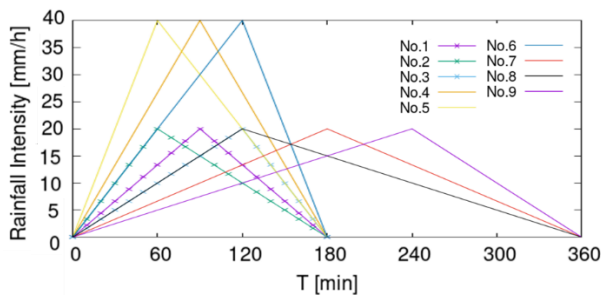


図 3 降雨条件
表 2 地形条件

項目	値
勾配 θ [deg.]	15,20,25,30,35
斜面長 L [m]	50,100,150,200
斜面幅 B [m]	10
粘土占有率 γ [%]	0,10,20,30,40,50

2.4 重回帰分析による供給土砂量予測式の構築

降雨条件として、9パターン(図3)、地形条件として120パターン(表2)に対して、粘土、砂の流出量を計算した。ただし、勾配25度、斜面長200m、粘土占有率40%の斜面に対して、降雨No.7,8,9を与えると、計算が発散した。そこで、本研究では、上記の3つのケースを除いた1077ケースを対象として重回帰分析を行った。その結果、粘土、砂の供給土砂量予測式は次のように表される。

$$Q_{sup_{sand}} = (-0.75 + 0.0068V_r + 0.26I_{max} - 2.52(\tan\theta - 0.68)^2 + 0.0013L + 2.81(\gamma - 0.071)^2) \frac{I}{V_r} B \quad (1)$$

$$Q_{sup_{clay}} = (-0.89 + 0.0071V_r + 0.016I_{max} - 2.19(\tan\theta - 0.45)^2 + 0.0015L + 1.28\gamma) \frac{I}{V_r} B \quad (2)$$

ここに、 $Q_{sup_{sand}}$ 、 $Q_{sup_{clay}}$ は、砂、粘土の供給量、 V_r は、降雨イベントの総降雨量、 I_{max} は、最大降雨強度、 I は対象としている時刻の降雨強度である。

2.5 流域土砂動態モデルでの検証

前節で構築した供給土砂量予測式を流域土砂動態モデルに適用し、モデルの検証を行った。

・計算条件

厚真川流域を対象として、江頭ら²⁾と同様に、流域地形モデルは単位河道・単位斜面モデル、降雨流出と土砂輸送モデルは、江頭・松木モデル²⁾を基礎としている。作成した単位河道・単位斜面を図4に示す。降雨条件としては、厚真町地域気象観測所における2019年の降雨データを用いる。また、崩壊裸地斜面における粘土占有率は、今後調査する必要があり、現状では不明なため、流域内崩壊斜面に一律とし、試行錯誤的に5%とした。

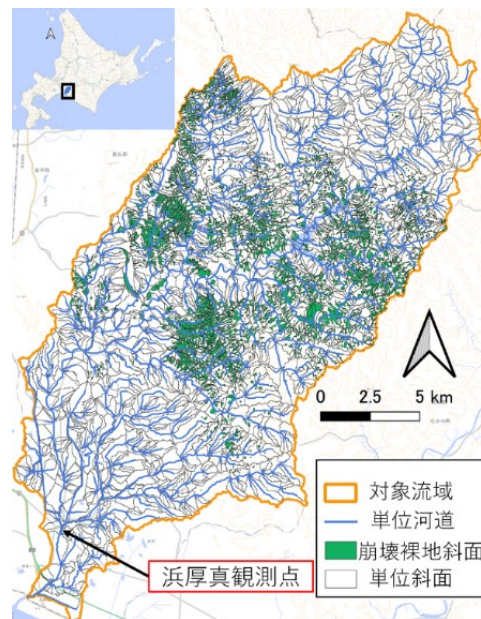


図 4 対象領域

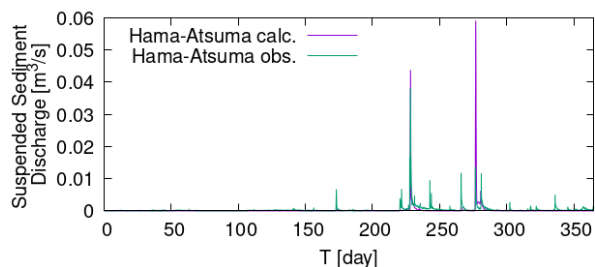


図 5 流砂量の計算結果と観測結果

・計算結果

浜厚真観測地点における流砂量と観測値と計算結果を図5に示す。この図から、230[day]付近のピークを表現することができている。一方で、270[day]付近は、観測結果に比べ、過大に評価されている。原因としては、230[day]の降雨時、裸地斜面表面層の細粒土砂の多くが流出し、270[day]の降雨時には、予想より流出が減少したことが考えられる。

3. おわりに

本研究では、水理実験と斜面土砂流出モデルを用いた再現計算による土砂流出の予測方法の確立と、斜面土砂流出モデルの結果を重回帰分析することによって崩壊裸地斜面からの土砂供給モデルの構築を行った。土砂供給モデルでは、降雨時における流砂量のピークを定量的に表現できた。一方で、課題として、一度目の大きな降雨イベント以降の降雨による土砂流出の減少を表現することはできなかったことが挙げられる。

参考文献

- 1) 西森研一郎・関根正人：粘着性土の浸食過程と浸食速度式に関する研究，土木学会論文集 B, Vol. 66, No. 2, pp. 127-140, 2009
- 2) 江頭俊台・松木敬：河川滞留土砂を対象とした流出土砂の予測法，水工学論文集 44 巻, pp. 735-740, 2000