

土砂崩壊と侵食を考慮したダム堆砂量の推定

東北大学大学院	学生会員	○秋本	嗣美
東北大学大学院	学生会員	川越	清樹
東北大学大学院	正会員	風間	聡
東北大学大学院	フェロー	沢本	正樹

1. はじめに

地球温暖化に伴う降水変化と流域の土地利用変化等の影響によるダム貯水池における堆砂量の増加が懸念されている。降水変化予測で指摘される豪雨頻度の増加は、土砂崩壊の頻発と土砂侵食量の増加を助長する。流域を対象とした場合、堆砂による貯水池内の有効貯水の減少、水質の悪化、河床上昇および疎通能低下を促す¹⁾。これらの現象は利水、治水の機能、生態に大きな被害をもたらす。そのため将来的な流域の土砂管理は深刻な問題となる。流域の土砂現象の動向を予知し、時空間におけるその影響の定量的な把握が不可欠である。以上を背景に、本研究では降水状況の将来変化にも対応できる土砂崩壊発生確率モデルと RUSLE モデルを用いた土砂生産量を導き、ダム堆砂量との関連を導くことを目的とする。

2. 対象領域およびデータセット

対象領域は日本全域とした。利用データは土砂崩壊発生確率モデル、RUSLE モデルに用いる数値地図情報、そして各ダムの堆砂および水文データである。土砂崩壊発生確率の推定には、地質、地形のデータを利用した²⁾。また RUSLE モデルを用いた解析に利用するデータは土壌、地形、土地利用データである。これらは解像度 1km×1km の数値地理情報である。また 2 つのモデルに気象データとして AMeDAS 観測所の降水量データと、メッシュ気候値 2000（発行：気象庁）を利用した。

3. 土砂崩壊発生確率モデル

発生確率モデルに多重ロジスティック回帰分析を利用する。災害実績の基礎情報のエリアにおける土砂崩壊の発生を 1、非発生を 0 に設定し、二項分布を作成した。この二項分布にロジスティック曲線をあてはめる。発生確率モデル

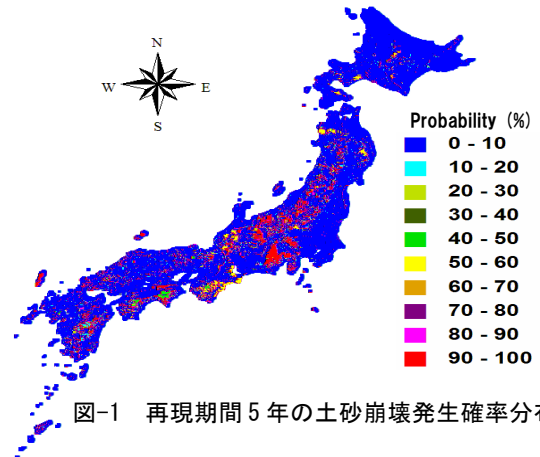


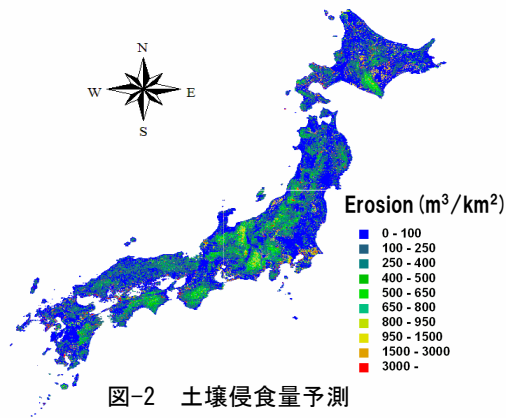
図-1 再現期間 5 年の土砂崩壊発生確率分布

式は、起伏量と導水勾配を説明変数とし、重回帰式によって構築されたロジスティック曲線で表現される。基礎情報として 2004 年 7 月 12 日から 13 日の新潟・福島豪雨による栃尾市の降雨イベント、土砂災害をモデル係数の同定に用いた。この豪雨により、新潟県内で 347 箇所の土砂崩壊が社会基盤に被害を与え、写真判読から 3600 箇所の土砂崩壊が確認された³⁾。この災害実績を空中写真による判読結果および土砂崩壊被害分布図を参考に、解像度 1km×1km による土砂崩壊の数値地理データを作成した。これらのデータをもとに式(1)の発生確率モデル式の係数を地質毎に同定した。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_h \text{hyd}Y_h + \beta_r \text{relief}Y_r)]} \quad (1)$$

ここで、 P :発生確率(%), β_0 :切片, β_h :動水勾配係数, β_r :起伏量係数, $\text{hyd}Y_h$:動水勾配, $\text{relief}Y_r$:起伏量(m)である。説明変数は、5%以内の有意確率 P 値を示し、有意水準 95%を満たす。

動水勾配の導出に利用する降雨の再現期間から土砂崩壊の再現期間は決定される。図-1に式(1)において再現期間 5 年の降雨による導水勾配を採用した土砂崩壊発生確率分布を示す。



4. RUSLE モデル

集水域の水による侵食を予測する方法として USLE(Universal Soil Loss Equation)モデルが用いられる。USLEモデルはアメリカで数多く設置された USLE標準試験区での土壌流亡量を数十年間にわたって実測したデータを基に開発された経験モデル式である。本研究ではこのUSLEモデルの改訂版である RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation)モデルを採用することとした。RUSLEはUSLEと同様の構造を持つが、各パラメータの決定に関して、最近のデータ（1万点を超す流出データと、2000点を超す降雨シミュレーションデータ）および最新の侵食理論の知見に基づいて更新したものである。このモデルは土地利用、地形、地質の各データを使用し、更に降雨気象データを加えて土壌侵食量をセルごとに算出するものである。土壌侵食量は以下の式(2)で表される。

$$E = R \times K \times C \times LS \times P \quad (2)$$

E :土壌侵食量(t/ha), R :降雨係数(tf・m²/ha・h),
 K :土壌係数(h/m²), LS :地形係数, C :作物係数, P :保全管理係数である。

求めた R , K , C , LS , P の値を用いて、USLE に基づき計算した結果が図-2 である。なお、侵食量は各土壌データの土の飽和密度やメッシュサイズを考慮して単位を t/ha から m³/km² に変換した。日高山脈、奥羽山脈、木曽山脈、赤石山脈、四国山地、九州山地で侵食土砂量は 500m³/km² 以上の大きな値を持つ。この結果から、今回用いた RUSLE 式は地形係数 LS の値から強く影響を受けていると考えられる。

5. 土砂生産量予測解析

図-3 に再現期間 5 年のダム上流域の土砂崩壊の平

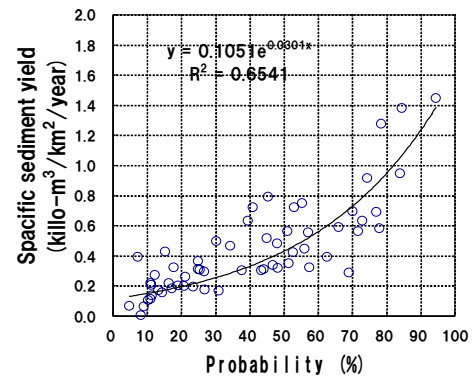


図-3 発生確率とダム比堆砂量の関係(再現期間 5 年)

均発生確率とダムの平均比堆砂量の関係を示す。この関係は相関係数 0.65 と大変強い相関関係を示す。このことより、土砂崩壊発生確率は土砂生産量を予測するための重要な因子であると考えられる。しかし、土砂崩壊とダムの堆砂の関係において、大きな差が認められる地点が存在する。

6. まとめ

本研究では、土砂崩壊発生確率とダム堆砂量の関係を明らかにし、土砂生産量の予測において発生確率が有効であることを示した。また、全国を対象に RUSLE モデルを用いて土壌侵食量を予測した。ダム貯水池はそのほとんどが山地を上流域に有する。よって、山地における土砂崩壊、土壌侵食を組み合わせたダムの堆砂予測モデルを構築することが今後の課題である。

謝辞: ダムデータを国土交通省、水資源機構から借用した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 建設省(現 国土交通省)(1998) : 「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」(総合土砂管理小委員会告), <http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai/shingi/980730.html>
- 2) 川越清樹, 風間聡, 沢本正樹(2006) : 降雨極値の再現期間を用いた斜面災害の発生確率, 水工学論文集, No.50, pp.619-624.
- 3) 国土交通省(2005) : 平成16年7月新潟・福島豪雨及び平成16年7月福井豪雨による土砂崩壊状況, <http://www.mlit.go.jp/river/sabo/040726/1.pdf>.