

山地崩壊確率を用いた堆砂量予測

東北大学大学院環境科学研究科 学生会員 ○川越 清樹
東北大学大学院環境科学研究科 正 会 員 風間 聡
東北大学大学院工学研究科 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

近年、集中豪雨を伴う異常気象を誘因とした土砂崩壊が頻発している。地球温暖化に伴う集中豪雨の頻度増加も予測され、土砂崩壊による土砂生産の活発化が懸念される。この影響により、ダム堆砂による有効貯水量の低下や河川水の濁質増加等の被害が推測される。これらを定量的に把握するために、土砂災害の発生確率を時空間分布で示すモデルを構築した¹⁾。しかし、このモデルは、リスクを定量的に示すもので、土砂量の推測の適用性については評価されていない。本研究の目的は、土砂崩壊から土砂堆砂量を予測するモデルの構築である。既往の研究として、長谷川らによる堆砂の研究結果²⁾があるが、降雨等の水文因子を考慮したものではない。水文データによる土砂崩壊を考慮したこと、頻度解析により時間変化を示すこと、が本研究の特徴である。ダム上流域における土砂崩壊の危険度を発生確率で示した結果¹⁾とダム堆砂実績の関係を定式化することで土砂堆砂量を算定する。また、土砂堆砂量と発生確率が良好な関係を示さないダムを土砂堆砂予測に含まれない土地利用で評価する。

2. データセット

研究地域は日本列島全域である。堆砂量は解像度1km×1kmのグリットセルで推定される。

発生確率モデルには地形、地質と水文データの数値地理データを利用する。地質データに国土数値情報を用いる。対象とした地質は崩積土および土砂化しやすい新第三系堆積岩、第三系堆積岩、花崗岩である。地形データとして起伏量を利用する。起伏量は国土数値情報から得た。起伏量はグリットセルに格納された最高と最低の標高差より導かれる。起伏量により地形の複雑さを考慮する。水文データとして動水勾配を利用する。動水勾配は二次元不飽和浸透解析より導かれる。浸透解析に、国土数値情報の表層土壌、斜面傾斜度データ、そして、AMeDAS観測所の年最大降雨量データとメッシュ気候値2000の

平年値の関係から求めた再現期間の降雨極値データを利用する。発生確率と比較するダム堆砂実績に、国土交通省および水資源機構所管の計35箇所の堆砂資料を利用する。これらのダムは、経過年15年以上のものであり、日本列島各地から広い範囲から抽出された。その他、国土数値情報の土地利用データを利用した。

3. 発生確率モデル

発生確率モデルは多重ロジスティック回帰分析を用いて構築される。災害実績の有無を1と0の二項分布にし、ロジスティック曲線で連結する。このロジスティック曲線を土砂災害の原因である起伏量、動水勾配、地質に関連した重回帰式にすることで発生確率モデル式が構築される。本研究では、起伏量、動水勾配を説明変数に利用し、地質別に発生確率モデル式を作成した。モデル式は式(1)に示すとおり。

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

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、 $\text{roll}Y_r$:起伏量である。2004年7月の栃尾市の災害実績データを基に発生確率モデル式は作成された。

4. 発生確率と堆砂量の関係

堆砂量と発生確率モデルの関係は、ある期間に対する総堆砂量と総発生確率の比較で示される。総堆砂量の期間はダムの経過年である。ダム堆砂期間にあわせた総発生確率は、ダム経過年にあわせた1年毎の再現期間による発生確率を積算することで求められる。なお、各ダムで集水面積が異なるため、堆砂量に堆砂量と面積の比である比堆砂量を利用する。図-1に2年、5年、10年、15年の期間の堆砂量と発生確率の関係を示す。発生確率の増加に平衡して堆砂量が増加する指数式で変化が表現できる。指数式と実績値からダム経過年が長くなるほど決定係数が良好になる。これらは、不規則に発生する降雨極値

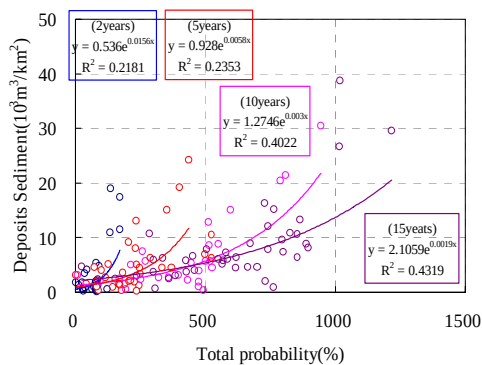


図-1 ダム堆砂量と発生確率の関係

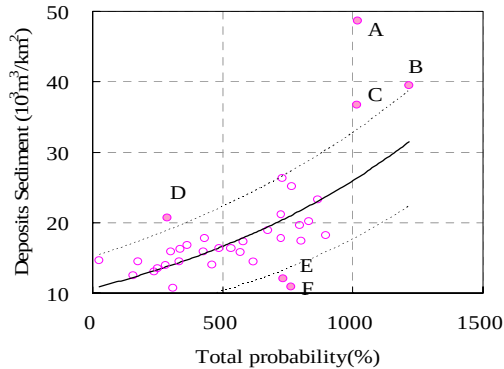


図-2 期間 15 年のダム堆砂量と発生確率の関係

の頻度が長期に着目した場合、平滑化されるためと考えられる。つまり、巨視的なタイムスケールの変化に適した関係を示す。ダム堆砂の予測や地球温暖化による影響の評価に利用できる関係である。図-2に期間15年のダム堆砂量と発生確率の関係、指数式、指数式の信頼区間 90%を示す。信頼区間内に含まれない過大堆砂を示すダム(図中 A,B,C,D)と河床堆砂を示すダム(E,F)の存在が認められる。

5. 堆砂量分布

発生確率の分布と、堆砂量と発生確率から定式化された関係を利用して、堆砂量分布を試みた。図-3に1年から15年の堆砂量分布図を示す。活発に土砂堆砂しやすい地域が明瞭に示されており、静岡と長野一帯、そして、越後山脈南東側斜面の奥只見地域が該当する。

6. 考 察

ダム堆砂量と発生確率の関係から過大堆砂と過小堆砂で評価されるダム(E,F)の存在を確認した。土砂崩壊評価で考慮されていない土地利用状況を利用して、これらダムの関係を評価する。因子分析から土地利用状況(森林、荒地等)を因子に分類する。因子と堆砂異常のダムを比較した結果は図-4に示す。第一因子は森林、第二因子は荒地の成分を多く含むが、過大堆砂を示すダムは概ね荒地面積が大きく、森林面積が少ない位置に分布する。荒地における土壌浸

Sediment rate ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$)

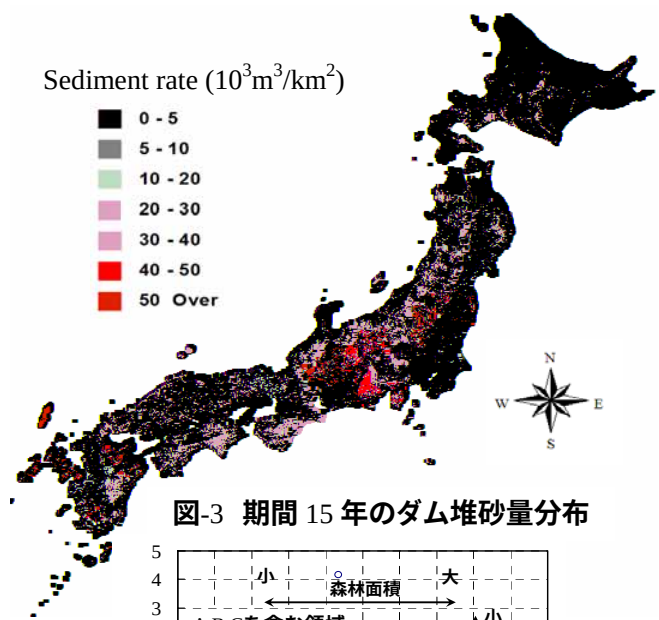


図-3 期間 15 年のダム堆砂量分布

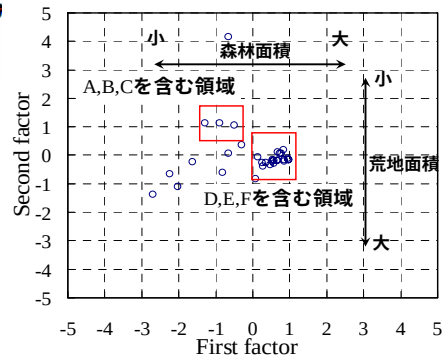


図-4 ダム土地利用因子成分関係図

食の影響が推測される。また、過大堆砂を示すダムは信頼区間内のダムと同じ位置に分布する。対策の影響も推測される。

7. おわりに

ダム堆砂データと土砂崩壊の発生確率モデルを利用し、日本列島の土砂堆砂モデルおよび分布図を作成した。長期間を対象にした場合に概ね実績と良好な関係を示したが、一部ダムはモデルに整合しない。今後は、これらの異常値の影響を評価し、土砂堆砂量予測の精度向上をはかる。

謝 辞

ダムデータを国土交通省、水資源機構に借用した。本研究は「環境省の地球環境研究総合推進費(S-4):温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための温暖化影響の総合的評価に関する研究」の援助を受けた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 川越清樹, 風間聡, 沢本正樹: 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(2006).
- 2) 長谷川浩一, 若松和寿江, 松岡昌志: ダム堆砂データに基づく日本全国の潜在的侵食速度分布, 自然災害科学, Vol.24, No.3, pp.287-301(2005).