

地球温暖化による土砂崩壊リスク変化

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、地球温暖化に伴う気候変動の兆候が認められており、氷床融解による海面上昇、無降雨期間の長期化等による水資源の危機、集中豪雨による土砂崩壊に示される二次的災害の発生が懸念されている¹⁾。これに対して、温室効果ガス抑制等の緩和策、温暖化による影響を事前に明らかにして対策を講じる等の適応策の両面から被害を軽減させる取り組みがなされている。本研究では、地球温暖化の適用策に利用するために河川および海岸と比較して対策整備率の低い土砂崩壊現象を対象に気候変動のリスク変化を時空間情報で示した。この成果は土砂崩壊対策の投資分配や被害を軽減させる土地利用の誘導、さらに貯水施設の堆砂予測に有用である。対象領域を日本列島全域とし、グリッドセル解像度 1km×1km のマップとしてリスク変化を示した。リスクは土砂崩壊の自然発生を示す確率で示され、温室効果ガス排出シナリオ(A1B シナリオ; 高度成長により環境を制御・抑制する高成長型社会, A2 シナリオ; 各地域が文化・伝統を重んじ発展する多元社会型)毎と再現期間の降雨極値毎に発生確率を導いた。

2. データセット

発生確率を導出するための解析に用いるデータは地形、地質、水文の数値地理情報である。地形、および地質データに国土数値情報を利用する。地形データとして起伏量、地質データとして崩積土、土砂化しやすい新第三系堆積岩、第三系堆積岩、花崗岩を用いる。水文データに動水勾配を用いる。国土数値情報の表層土壌と斜面傾斜度、そして、温室効果ガス排出シナリオに応じた将来気候予測モデルの降雨極値データを用いた二次元不飽和浸透解析により動水勾配が導かれた。降雨量はシナリオ、再現期間により変化する動的データであり、降雨量の変化に従い土砂崩壊の発生確率が増減することとなる。

3. 土砂崩壊発生確率の解析方法

発生確率は多重ロジスティック回帰分析を用いた土砂崩壊発生確率モデルから導かれる²⁾。土砂崩壊の実績の有無を 1 と 0 の二項分布にし、ロジスティ

ック曲線で表現する。このロジスティック曲線を土砂崩壊の原因である起伏量、動水勾配、地質に関連した重回帰式で示すことで土砂崩壊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)に示すとおりである。

$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_h H + \beta_r R)]} \quad (1)$$

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、 H :動水勾配、 R :起伏量である。このモデル式は 2004 年 7 月の新潟・福島豪雨による栃尾市の土砂崩壊実績データから構築された。

4. 降雨極値データ

(1) 解析利用データ

二次元不飽和浸透解析に用いた降雨極値データを A1B シナリオの大気海洋結合モデル MIROC(国立環境研究所・東京大学気候システム研究センター・海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター)、A2 シナリオの地域気候モデル MRI-RCM-Ver.2(気象庁・気象研究所)の将来気候予測モデルを統計的アルゴリズムにより解像度 1km×1km のグリッドセルに変換した数値地理情報³⁾と現在の気候状態を示すメッシュ気候値 2000(気象業務支援センター 解像度 1km×1km)の月平均降雨量を利用して作成した。牛山が求めた暖候期(4 月から 11 月)と降雨極値の強い相関⁴⁾を参考に、線形式から年間最大の月平均降雨量を再現期間の降雨極値に変換するモデルを開発して降雨極値データを導いた²⁾。この線形式によるモデルは年間最大の月平均降雨量の生ずる季節毎(春; 3 月から 5 月, 夏; 6 月から 8 月, 秋; 9 月から 11 月, 冬; 12 月から 2 月)に設定されていることを特徴とし、牛山らの相関より高い相関で年間最大の月平均降雨量と再現期間の降雨極値の関係が示されている。なお、温室効果ガス排出予測において、A1B シナリオは気温上昇の概ね中間値(2090 年-2099 年; 1.7 から 4.4℃)、A2 シナリオは気温上昇の概ね上限値(2090 年-2099 年; 2.0 から

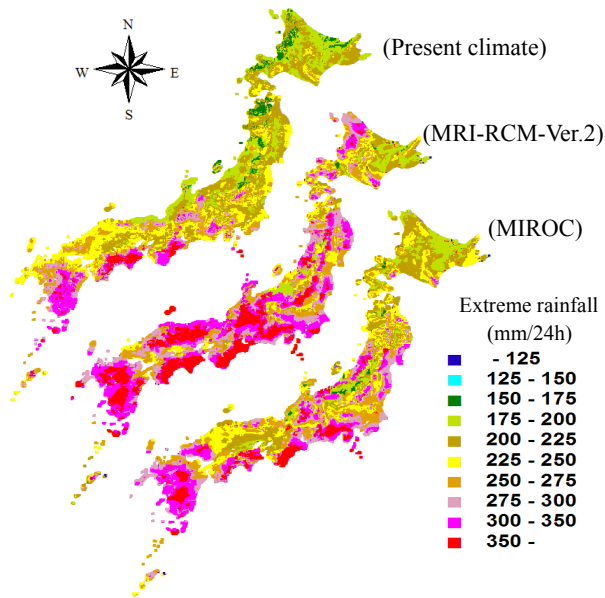


Fig.1 再現期間 30 年の降雨極値分布

5.4℃)を示している¹⁾。

(2) 将来気候変化による降雨極値分布

Fig.1 は現在気候、MRI-RCM-Ver.2 と MIROC の 2030 年から 2050 年の再現期間 30 年の降雨極値分布である。各シナリオとも将来気候予測は降雨極値が増加することを示している。現在気候に認められる静岡県から鹿児島県に至る南海地域に集中した多降雨地域は、将来気候により日本列島東南部を中心に拡大する。相対的に降雨極値量の多いのは MRI-RCM-Ver.2 であり、糸魚川ー静岡構造線以南の地域に 350mm/24h 以上の多降雨地域を形成させる。また、構造線以北については奥羽山脈、天塩山地等の山間部を中心に 300mm/24h 以上の多降雨領域が分布する。一方、MIROC は宮城県、山形県以南の降雨極値の増加を示し、沿岸部を中心に顕著な降雨極値の増加が認められる。この原因として、沿岸部の年間最大の月平均降雨量の出現が冬、および秋から夏に移行したことが挙げられる。

5. 解析結果

土砂崩壊リスク変化の解析結果として Fig.2 に再現期間 30 年の土砂崩壊発生確率分布を示す。図から将来気候時の降雨極値の増大に伴い日本列島全域の急峻な山岳地の発生確率の増加が認められる。特に、九州山地、近畿地方日本海側から中国地方、四国地方南部、奥羽山脈の北部の地域は発生確率 95%以上を示す領域の著しい拡大が示されている。なお、MRI-RCM-Ver.2 において北海道の天塩山地は著しい降雨極値の増大が認められたものの、土砂崩壊発生確率は 50%程度にとどまっている。この結果は天塩山地がなだらかな地形条件を呈しているためである。MRI-RCM-Ver.2 と MIROC の土砂崩壊リスクを比較

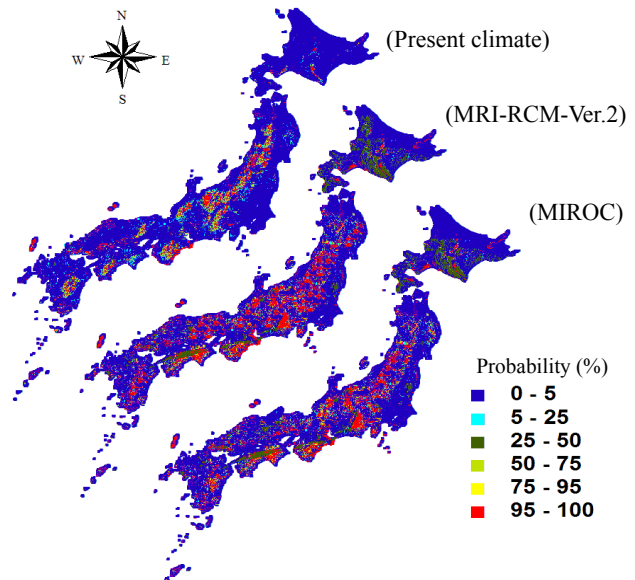


Fig.2 再現期間 30 年の土砂崩壊発生分布

した場合、関東山地、木曽山地、丹波高地の発生確率差が認められる。MRI-RCM-Ver.2 で発生確率 95%以上であるが、MIROC では発生確率 0 から 50%以上にとどまる。また、発生確率の地域的特徴を示す結果として、中国山地の頂部付近よりも市街地に近接する山裾の方が高い発生確率が挙げられる。中国地方の土砂崩壊対策は市街地側を優先する必要がある。

6. おわりに

異なる温室効果ガス排出シナリオによる将来気候予測モデルを用い土砂崩壊リスク変化を評価した。結果として、地球温暖化の進行により列島各地に土砂崩壊リスクの増加する地域が多数出現することと、特に多元社会型の A2 シナリオではその傾向が顕著であることが明らかにした。今後、このリスクを経済損失額で示す。

謝 辞

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) IPCC 第 4 次評価報告書統合報告書政策決定者向け要約、経済産業省・気象庁・環境省、2007。
- 2) 川越清樹・風間聡・沢本正樹：数値地理情報と降雨極値データを利用した土砂災害発生確率モデルの構築、自然災害科学。(印刷中)
- 3) Iizumi, T., M. Nishimori, and M. Yokozawa : Combined equations for estimating global solar radiation: Projection of radiation field over Japan under global warming condition by statistical downscaling, J. Agric.Meteor., 64. (in press)
- 4) 牛山素行・寶馨：AMeDAS データによる暖候期降水量と最大 1 時間・日降水量の関係、水文・水資源学会誌, Vol.13, No.4, pp.368-374, 2004。