

流域土砂動態モデルと領域気候モデル出力を用いた災害時の土砂生産・流出の将来変化に関する研究

京都大学防災研究所 ○山野井一輝, 藤田正治

日本気象協会 鈴木豪太

1. はじめに

気候変動下で、極端な豪雨事象の増加が予測されており、豪雨に起因した土砂災害や洪水災害の頻度や性質が変化することが見込まれる。近年は、領域気候モデルを用いたアンサンブルシミュレーションに基づく、気候データの蓄積も進んでいる。例えば d4PDF¹⁾は、20km-1 時間解像度で数千年分のデータがあり、土砂災害の分野でも土壌雨量指数ベースでの将来変化の評価²⁾等に用いられている。しかしながら、土砂災害は短時間降雨の影響も強く受けるため、そのままの解像度では土砂災害の発生を十分にとらえられない可能性がある。近年ではより高解像度へのダウンスケーリングも進展しており、これらを利用した評価の進展が期待される。例えば、中北・小坂田³⁾は、RCP8.5 シナリオに基づく領域気候モデル NHRCM⁴⁾の 5km-30 分解像度の出力を用いることで、客観基準で定義される梅雨豪雨の頻度が増加することを示している。このデータは d4PDF に比べては短期間のデータしかないが、時空間解像度の面では土砂災害の評価に適すると期待できる。

筆者らの開発している流域土砂動態モデル SiMHiS⁵⁾は、斜面部における降雨流出と斜面崩壊の発生とその体積および隣接河道への土砂供給量の予測と、河道部における水と掃流砂・浮遊砂の輸送を統合的に計算可能なシミュレーションモデルである。これを用いることで、現在・将来気候の降雨データを入力とすることで、土砂災害時の土砂生産量、流出量、河床変動量および水位の時空間変化を予測することができる。そこで本研究では 2017 年九州北部豪雨で被災した赤谷川流域を対象に、中北・小坂田³⁾の梅雨豪雨イベントを含む降雨データを SiMHiS に与えることで、発生する災害の質的な変化を考察した。

2. 適用条件

赤谷川流域を対象に抽出した単位斜面を図-1 に示す。当流域では、多数の斜面崩壊、土石流が起源の土砂が河道周辺に堆積することで、図-1 に○印で示した地点から下流にかけて甚大な土砂・洪水氾濫が発生した流域である。特に当災害では支川の乙石川(図-1 の△が下流端)での土砂生産・流出量が多いことが確認されている。

降雨条件は次のようにして作成した。まず、NHRCM

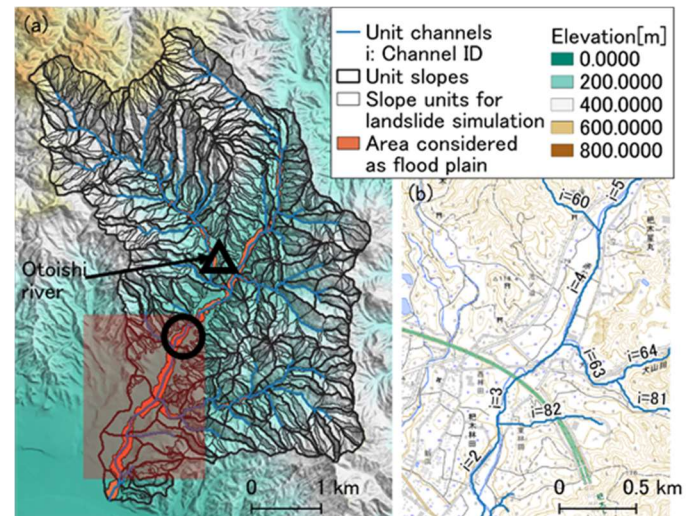


図-1 対象とした赤谷川流域⁶⁾

5km 出力データ(現在 20 年 x2 メンバ, 将来(RCP8.5)20 年 x4 メンバ)から、中北・小坂田³⁾が判別した梅雨豪雨イベントが九州北部(福岡県・佐賀県・長崎県・熊本県・大分県)の陸地部で生じている期間(発生前後 1 日の 3 日間)のデータを抽出した。これにより、時空間分布を持つ 199 イベント(現在 51 イベント/40 年間, 将来 148 イベント/80 年間)のデータが抽出された。これから赤谷川流域に該当するメッシュの降雨データを与えれば、再現期間が 40~80 年程度の現象の将来変化が考察可能と想定されるが、土砂災害が生じる豪雨の再現期間は 100 年を超過することも多いため、本研究では、九州北部の領域内で連続雨量の最も大きいメッシュのデータを赤谷川に与えるものとした。このため赤谷川流域周囲の地形が降雨に与える影響が考慮されていないこと、また地上観測と比較した降水データのバイアス補正等は行っていないことに注意が必要である。

3. 適用結果

199 の降雨データを入力として、SiMHiS を 199 ケース実行し、各单位河道の流量・流砂量・河床位や斜面部の土砂生産量の時空間分布を得た。ここでは、評価地点を先述の乙石川流末(△地点)と赤谷川(○地点)の二か所とした。評価対象は 2017 年災害で土砂流出が甚大であった前者については総土砂流出量と最大流量を、河床上昇による土砂・洪水氾濫が甚大であった後者は初期河

床位をゼロ点としたときの最大河床位と最大水位を選択した。それぞれの評価対象値を散布図と箱ひげ図で示したのが図-2 および図-3 である。丸型の凡例が将来の降雨イベント、四角型の凡例が現在の降雨イベントの値を示す。図-2 によると、将来気候では最大流量、総土砂流出量ともに、現在気候で生じる範囲より大きいものが生じることがわかる。また、流量と土砂流出量の現在気候の最大値が、将来では第三四分位値に近い値となっており、現在気候では稀な規模の土砂流出現象が、将来気候では高い頻度で起きうることを示唆している。

土砂・洪水氾濫に着目した図-3 では、図-2 より緩やかではあるが、最大水位と最大河床位に関する増加傾向が確認された。また、最大河床位は 3m 程度で頭打ちになる傾向がみられ、第 1 四分位値と中央値、最大値の増加傾向が確認できた。当図には 2017 年 7 月豪雨の降雨を与えた場合の結果も星印で示しているが、現在気候では水位に関して最大値に近く、河床位についても中央値よりも大きい値となっている。これが将来気候では水位は第 3 四分位値程度、河床位は中央値よりもやや小さい値となっており、ここでも 2017 年災害と同規模な土砂・洪水氾濫の発生頻度が増加しうることが示唆された。

4. 結論と今後の展望

本研究では、SiMHiS に領域気候モデルから得られる現在と将来の降雨データをあたえることで、土砂・洪水災害の将来変化を考察した。本研究の結果は、現在気候下では稀な規模の災害事象が、将来気候では高頻度で発生しうることが示唆されている。ただし、降雨データ量の制約から現状では赤谷川の地形性の降雨は考慮できていない。今後、同程度の時空間解像度を持つ長期間のデータが整備されれば、この問題も解決できると期待できる。また、このような領域気候モデルの出力結果には、地上観測値と比較した時にバイアスが存在していることが知られているが、本研究ではこの補正も施していない。短時間の降水量が支配的となる土砂災害を対象としたときに、どのようなバイアス補正手法が適切かについても、今後検討が必要である。

参考文献

1) Mizuta et al.: Over 5,000 Years of Ensemble Future Climate Simulations by 60-km Global and 20-km Regional Atmospheric Models, Bulletin of the American Meteorological Society, Vol.98, No.7, pp. 1383-1398, 2017

2) 児島利治, 丸谷靖幸, 原田守啓: d4PDF 降雨データと土壌雨量指数を用いた将来の土砂災害危険度評価., 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.75, No.2, pp. I_1063-I_1068, 2019.

3) 中北英一, 小坂田ゆかり: 気候変動に伴う梅雨期集中豪雨と大気場の将来変化に関するマルチスケール解析, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.4, pp. I_139-I_144, 2018.

4) Sasaki, H., et al.: Preliminary Experiments of Reproducing the Present Climate Using the Non-hydrostatic Regional Climate Model, SOLA, Vol.4, pp.25-28, 2008.

5) 山野井一輝, 藤田正治: 豪雨時の水・土砂災害に係るハザード群の発生リスク評価, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 72, No.4, I_1291-I_1296, 2016

6) 山野井一輝, 藤田正治, 鈴木豪太: SiMHiS と NHRCM05 出力データを用いた土砂・洪水災害の将来変化に関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol. 77, No.2, I_481-I_486, 2021

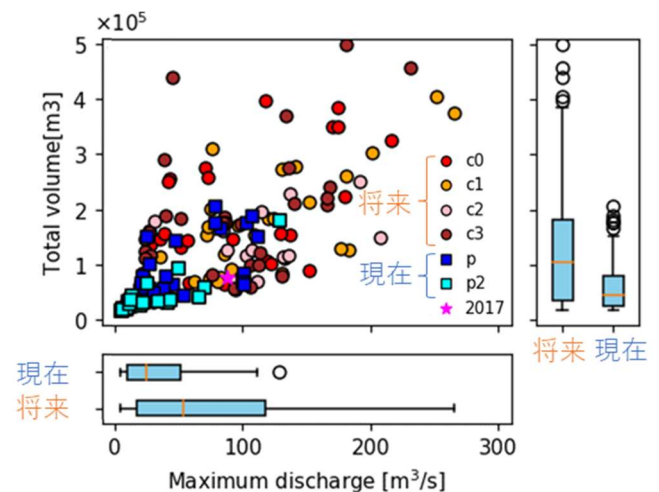


図-2 △地点(図-1;乙石川流域出口)における最大流量と総土砂流出量の関係⁶⁾

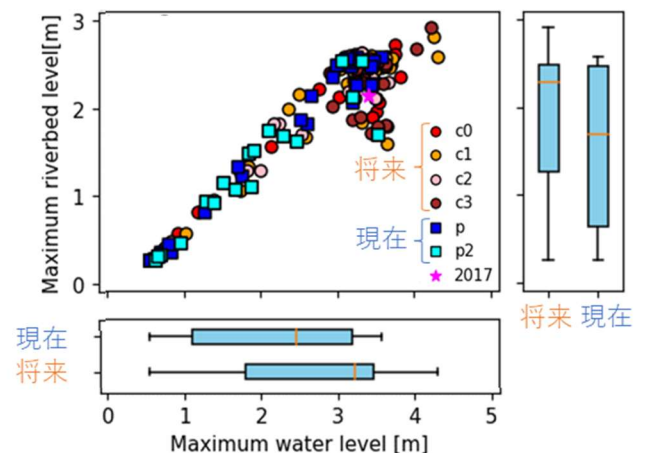


図-3 ○地点 (図-1; 赤谷川氾濫地点) における最大河床位と最大水位の関係⁶⁾