

気候変動による栃木県の土砂災害発生リスクの変化

－将来降雨予測データを用いた危険降雨の評価－

宇都宮大学農学部 ○酒井 佑一、鶴田 妃七乃

1. はじめに

近年、気候変動による降雨パターンの変化が指摘されており、それに伴って土砂災害の発生頻度や規模の変化が懸念されている。そのため、災害対策や山地管理の観点から、気候変動の影響を受けて土砂災害の発生リスクが将来的にどのように変化するかの評価が求められている。土砂災害の発生リスクの評価手法には、誘因である降雨のみを用いて判定する方法がある。ここでは、時系列の降雨データをもとに降雨指標を算出し、過去の災害事例などから設定された基準値を超えるかどうかで、土砂災害発生の危険降雨を判定する¹⁾。

気候変動による将来の気象条件については、近年、気候モデルをもとにした計算結果が蓄積されてきており、モデルやシナリオごとにいくつかの将来予測が示されている。その中のひとつとして「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF)」が公開されている²⁾。そこで本研究では、d4PDF の将来降雨予測データを用いて危険降雨を評価することで、気候変動による土砂災害発生リスクの変化を検討する。

2. 方法

本研究では、栃木県を対象として、過去と将来の降雨データをもとに危険降雨を評価することで土砂災害発生リスクの変化を検討した。栃木県は、地形的には平野部から小起伏山地や大起伏山地まで存在し、地質も火成岩や付加体など多様である。そのような条件において、過去に土砂災害も発生している。

降雨データとしては、アメダス気象観測所での実測データと、d4PDF の領域気候モデルによる数値実験データを使用した。アメダスは栃木県内の 13 地点を対象に、1981-2020 年の 1 時間ごとの降雨データを用いた。d4PDF は、過去の気候を再現するために観測値をもとに計算された 1951-2010 年における 1 時間ごとの降雨データのアンサンブル 12 メンバ（「過去実験」とする）と、産業革命前から全球平均温度が 4 度上昇した将来を想定して計算された 2051-2110 年における 1 時間ごとの降雨データのアンサンブル 12 メンバ（6 つの海面水温変化パターンを 2 アンサンブルずつ；「将来実験」とする）の 1 時間降雨データを用いた。d4PDF では、約 20 km メッシュの格子点ごとに計算地点が存在するが、アメダス気象観測所が近くに存在する格子点のみを検討対象とした（図 1）。

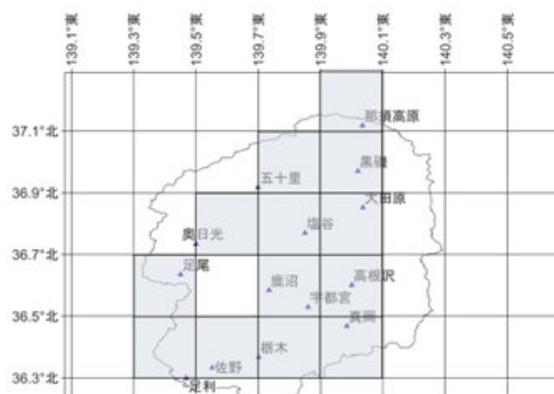


図 1 対象としたアメダス観測所と d4PDF メッシュ

対象地点ごとに、アメダス、過去実験、将来実験のそれぞれについて、①総雨量、②年最大雨量（1 時間雨量と 24 時間雨量）、③危険降雨のイベント数の 3 項目を比較した（過去実験と将来実験ではアンサンブル平均）。危険降雨の判定には、降雨イベントごとの平均降雨強度－降雨継続時間の関係を用いた方法を使用した。まず、24 時間以上無降雨であった場合を別のイベントとして、時系列データから降雨イベントを抽出した。イベントごとの降雨継続時間と積算雨量から平均降雨強度を算出し、降雨継続時間ごとの平均降雨強度の閾値（基準線）を超えた場合に危険降雨と判定した。

基準線には2種類のものを用いた。ひとつは、世界の災害事例をもとに、その下限値を示した Caine (1980)による基準線で、以下の式で表される¹⁾。

$$I = 14.82 \cdot D^{-0.39} \quad (0.167 < D < 500) \quad (1)$$

ここで、 I は平均降雨強度[mm/h]、 D は降雨継続時間[h]である。これはどの地点も同一の基準となる。もうひとつは、その地点ごとの再現期間 100 年の降雨強度を基準線とするもの³⁾（「RP100 年」とする）で、ここでは確率降雨強度式である以下の Fair 式を用いた。

$$I = \frac{bT^m}{(D+a)^n} \quad (2)$$

ここで、 T は確率年[年]、 a, b, m, n は地点ごとのパラメータで、土木研究所アメダス確率雨量計算プログラム（解析期間は 1976–2000 年）による値を使用した⁴⁾。

3. 結果と考察

年間雨量はアメダスデータと将来実験を比較した場合、奥日光と那須高原を除き増加した。過去実験と将来実験を比較した場合、全地域で増加したが、増加率は大きくなかった。年最大雨量は 1 時間雨量の場合は減少し、24 時間雨量の場合は増加した。

Caine (1980)の基準線を超えたイベント数を地域別に比較すると（図2）、将来実験は那須高原を除きアメダスデータより増加しており、過去実験と比較して約 1.4 倍程度であった。RP100 年の基準線を超えたイベント数は（図3）、アメダスデータでは 0 回の地域が多く、将来実験は過去実験の 1.7–2.3 倍になることが分かった。将来における危険降雨の増加率には地域差があり、足利・佐野・栃木・鹿沼の県南地域は大きく増加するが、奥日光・塩谷・大田原・五十里・黒磯・那須高原の県北地域の増加は小さいことが分かった。また、山地領域である足尾・奥日光・那須高原と比較して、平野部での危険降雨の増加が目立つ傾向があった。

以上の結果のように、災害リスクの変化は栃木県内でも一様ではなく地域差があることが分かった。今回行った広域でのリスク評価に基づき、リスクの高い地域に対しては、さらに素因を考慮した解析を行うことで、危険な個別斜面の抽出ができ、災害対策や山地管理に活かすことができると考えられる。

参考文献：1) Caine N (1980) The rainfall intensity–duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography*, 62(1/2), 23-27. 2) 地球環境情報統融合プログラムデータ統合・解析システム DIAS, <https://diasjp.net>, 2024/2/6 参照. 3) Tsunetaka H (2021) Comparison of the return period for landslide-triggering rainfall events in Japan based on standardization of the rainfall period. *Earth Surface Processes & Landforms*, 46, 2984-2998. 4) 土木研究所. アメダス確率降雨計算プログラム, <https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/amedas/top.htm>, 2024/2/6 参照.

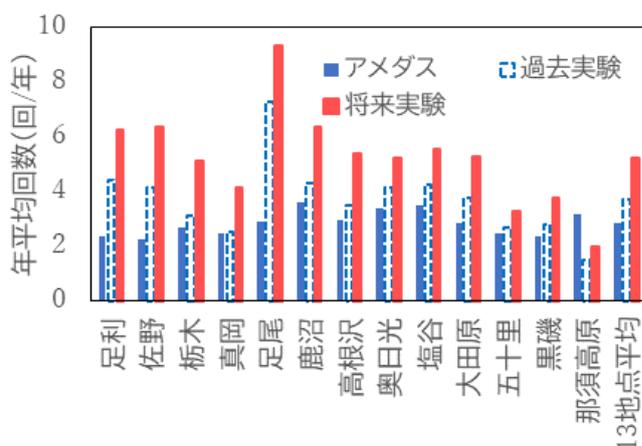


図2 Caine(1980)の基準線を超えたイベント数(年平均)

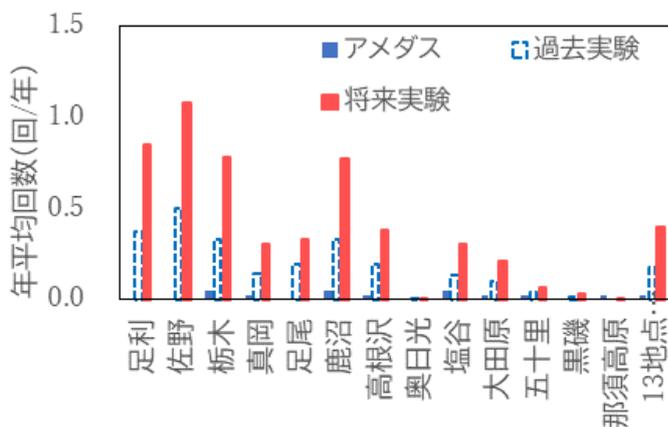


図3 RP100年の基準線を超えたイベント数(年平均)