

## 異常洪水時防災操作の発生確率に与える気候変動影響評価とダム再開発事業の適応策としての効果に関する検討 -鶴田ダムを例にして-

九州大学大学院 学生会員 ○伊島実咲, 宮本昇平, 安藤胤帆, 谷口弘明  
九州大学大学院 フェロー 矢野真一郎 正会員 丸谷靖幸  
京都大学防災研究所 正会員 渡辺哲史

### 1. 目的

近年, 全国各地で既存治水施設の計画規模を上回る豪雨が頻繁に発生している. さらに, 今後もこの傾向は続くとみられ, IPCC 第6次評価報告書<sup>1)</sup>では, 地球温暖化の進行に伴い, 多くの地域で大雨の強度および頻度が増加する可能性が非常に高いことが指摘されている. 平成30年7月西日本豪雨, 令和元年東日本台風では複数のダムでダム貯留量が洪水調節容量を上回る見込みとなり, 最大でダムへの流入量と同程度を放流する異常洪水時防災操作が行われ, 下流で甚大な被害が発生した地域が存在する.

このような被害軽減のため, ダムの洪水調節容量を増やす再開発を行った事例がある. 川内川中流部にある鶴田ダムは, 平成18年7月豪雨の際に異常洪水時防災操作を実施し, 下流域に甚大な被害が生じた. これを受け, 鶴田ダムでは, 放流管を既存より低い位置に増設し, 洪水調節容量を増やす再開発が行われた. 再開発後の令和3年7月に鹿児島県北部で発生した豪雨では, 平成18年豪雨と同程度の流入量を記録したが異常洪水時防災操作は実施されなかったことから, 適応策としての再開発事業の有効性が示唆されている.

しかし, 気候変動下では降水量の増大に伴い, 再開発後の洪水調節容量を超過する規模の洪水が生じ, 異常洪水時防災操作が発生する確率が増加する可能性がある. 宮本ら<sup>2)</sup>は令和2年7月豪雨で異常洪水時防災操作を実施した下笠ダムおよびその下流に位置する松原ダムを対象に, 異常洪水時防災操作の発生確率に与える気候変動の影響を評価した. その結果, 将来気候においてその確率が数倍上昇することを指摘した. 本研究では, 鶴田ダムを対象に, 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

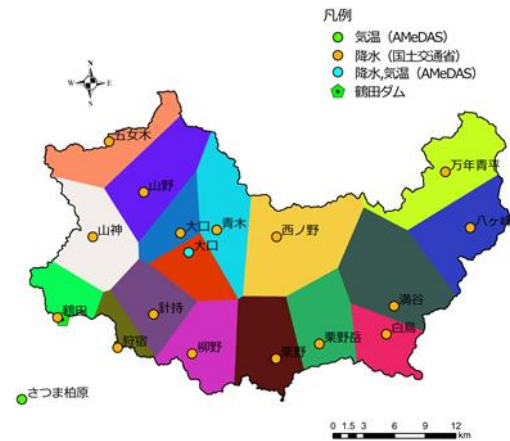


図-1 鶴田ダムの集水域, 雨量観測地点, ならびに雨量評価のティーセン分割

ス(d4PDF)を用いて気候変動が異常洪水時防災操作の発生確率に与える影響評価と再開発事業の適応効果に関する検討を行うことを目的とする.

### 2. 内容

集水域からダムへの流入量を推定するため, 過去の洪水事例を対象に流出モデルを構築した. 流出モデルには, d4PDF が大量のアンサンブルデータを持つことを踏まえ, 簡便に流出計算が可能な3段タンクモデルを採用した. 流域平均雨量は, 鶴田ダム集水域内の気象庁 AMeDAS 観測所1地点および国土交通省観測所16地点の計17地点の降水量を用いて Thiessen 法により算出した(図-1). また, 蒸発散量は Thornthwaite 法により推定した. 入力する気温には, 集水域内およびその近郊にある, 大口ならびにさつま柏原(AMeDAS)のデータから Thiessen 法により算出される流域平均気温を用いた.

タンクモデルのパラメータは, 鶴田ダムへの流入量が観測史上最大であった平成18年7月豪雨を較正期間とし, SCE-UA 法により同定した. さらに, 同定したパラメータが他の洪水事例を再現可能であるか

キーワード 異常洪水時防災操作, 気候変動, ダム再開発, 鶴田ダム, d4PDF

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744 九州大学 W2 号館 1013 号室 TEL 092-802-3412

表-1 キャリブレーションとバリデーションの結果

	NSE	CoD
平成18年7月	0.9563	0.9796
平成23年6月	0.8865	0.9511
令和2年7月	0.9280	0.9325

確認するため、平成18年豪雨の次に流入量が大きかった平成23年6月と令和2年7月を対象に検証した。結果の妥当性を示す指標には Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (NSE) と Coefficient of Determination(CoD)を用いた。較正期間および検証期間の各指標の結果を表-1に示す。一般的にNSEとCoDは0.7以上の場合に高再現性を示すとされており、全ての期間でNSEとCoDが0.7を上回った。そのため、本研究で構築した流出モデルは鶴田ダムの流入量を良好に再現可能であると判断できる。

次に、作成したタンクモデルを用いて d4PDF (空間解像度: 20 km) の降水量と気温を入力値とし、現在気候と将来気候 (4°C上昇) におけるダムへの流入量を計算した。ただし、観測値と d4PDF の予測値にはバイアスが存在するため、Watanabe *et al.*<sup>3)</sup> の手法によりバイアス補正を行った。なお、用いたデータセットは、現在気候が30年 (1981-2010年) × 50 アンサンブル (=1,500年分)、将来気候が60年 (2051-2110年) × 6SST × 15 アンサンブル (=5,400年分) である。

最後に、異常洪水時防災操作の発生確率を推定するため、鶴田ダムの再開発前と再開発後のそれぞれについて、放流ルールおよびダムの水位と貯水量の関係性を考慮したモデル (ダムモデル) を作成し、ダムの水位と放流量を計算した。しかし、放流ルールに従ったダムモデルでは、実測の水位や放流量を再現できないことが確認された。そのため、観測値から流入量に対する放流量の比を算出し、その値を流入量に乗じることで放流量を決定するダムモデルに改良し、ダムの水位と放流量の計算を再度行った。ダムモデルにより推定された水位が、異常洪水時防災操作判断水位 (EL.151 m) 以上になる場合に異常洪水時防災操作が発生するとみなし、その回数を比較した結果を図-2、確率年に換算した結果を表-2に示す。平均値では、気温が4°C上昇した場合、再開発後における異常洪水時防災操作の発生確率は33.3年に1度となり、現在気候と比べて5.0倍になることが示された。また、現在気候における再開発前後の異常洪水時

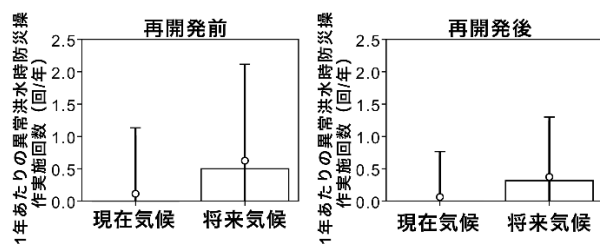


図-2 現在気候と将来気候における1年あたりの異常洪水時防災操作実施回数 (棒グラフ: 中央値, 丸: 平均値, エラーバー: 最大, 最小値)

表-2 異常洪水時防災操作の発生確率年 (括弧内の数字は異常洪水時防災操作の発生が確認されたアンサンブル数)

	再開発前		再開発後	
	現在気候 (17)	将来気候 (88)	現在気候 (9)	将来気候 (73)
平均値	78.9年	19.7年	166.6年	33.3年
中央値	—	20.0年	—	30.0年
最大値	15.0年	7.5年	30.0年	10.0年
最小値	—	—	—	—

防災操作の発生確率の平均値を見ると、再開発後の発生確率が再開発前の0.47倍に減少することが示された。さらに、将来気候においても、再開発後の異常洪水時防災操作発生確率が再開発前の0.59倍に減少する可能性が示され、将来気候においてもダム下流域の被害を抑えるために、再開発事業を実施したことの有効性が示された。加えて、2°C上昇では4°C上昇と比べて洪水の再起確率が半分になると予測されていることから、再開発後の2°C上昇については概ね70年前後になると推定される。再開発前の現在気候と概ね同じであり、再開発が2°C上昇レベルの気候変動への適応効果がある程度有していることを意味すると解釈できる。

### 3. 結論

再開発事業を行った鶴田ダムを対象に、異常洪水時防災操作の発生確率に与える気候変動影響評価と再開発事業の適応効果に関する検討を行った。その結果、気候変動後の発生確率が5倍程度上昇すること、再開発事業の効果は、将来気候においても有効で、2°C上昇への適応策として機能することが示された。

【謝辞】本研究は、令和2年度九州地域づくり協会調査研究等助成、令和3年度河川財団研究助成、ならびに令和3年度科研費革領域研究(A)(JP21H05178)により実施された。

【参考文献】: 1) IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. 2) 宮本ら (2021): 土論 B1(水工学), 77(2), I\_37-I\_42. 3) Watanabe *et al.* (2020): *Hydrol. Res. Lett.*, 14(2), 117-122.