

気候変動が鶴田ダムの異常洪水時防災操作の 発生確率に与える影響評価と ダム再開発事業の適応効果に関する検討

九州大学工学部 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 渡部哲史

1. はじめに

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もみられ, IPCC 第6次評価報告書¹⁾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, 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, 過去に大規模な洪水被害を受け, 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. 鶴田ダムは鹿児島県薩摩川内市に位置しており, 平成18年7月豪雨の際に異常洪水時防災操作が実施され, 下流域に家屋浸水などの甚大な被害が生じた. これを受け, 鶴田ダムでは洪水調節容量を増やすため, 放流管を既存より低い位置に増設する再開発が行われ, 平成31年1月に完成した. 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. このことから, 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. 既往研究では, 将来気候における異常洪水時防災操作の発生確率の変化が検討されている. 宮本ら²⁾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釜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

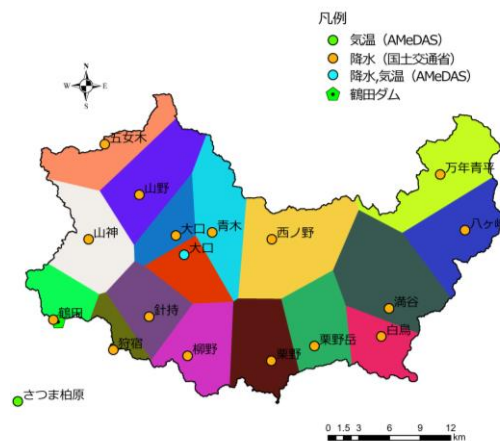


図-1 鶴田ダムの集水域, 雨量観測地点, ならびに雨量評価のティーセン分割

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策としての効果に関する検討を行うことを目的とする.

2. 研究内容

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解析モデルを構築した. d4PDFが大量のアンサンブルデータを持つことを踏まえ, 計算が短時間で実行可能な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

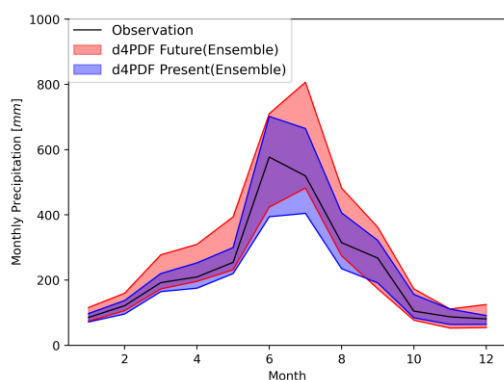


図-2 鶴田ダム流域におけるバイアス補正後の月降水量

観測値：1985～2010年の平均値

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。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³⁾。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。

次に、作成したタンクモデルを用いて d4PDF (空間解像度：20km) の降水量と気温を入力値とし、現在気候と将来気候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.*⁴⁾ の手法によりバイアス補正を行った。バイアス補正後の現在気候・将来気候の月降水量を図-2 に示す。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(4℃上昇)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)を構築する。それぞれのダムモデルを用いて、現在気候と将来気候におけるダムの貯水位および放流量を計算することで、異常洪水時防災操作の発生確率を推定する。

3. 結果

平成18年7月豪雨の観測流量を基にタンクモデルのパラメータ同定を行った結果、NSE が 0.9563、CoD が 0.9796 を示した。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るため、較正期間に関して、

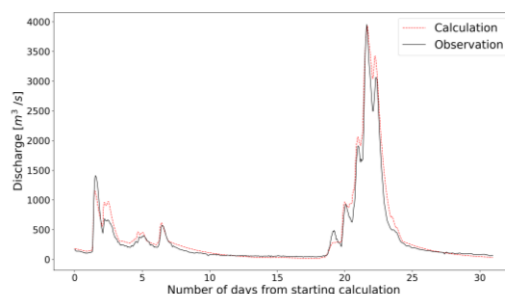


図-3 平成18年7月の鶴田ダムへの流入量

黒実線：観測値，赤破線：計算値

表-1 検証期間における流出解析精度

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

良好に再現できていることが確認された(図-3)。

さらに、検証期間として平成23年6月と令和2年7月の流量再現精度を NSE と CoD として表-1 に示す。両検証期間ともに NSE と CoD が 0.7 以上の値を示し、構築したタンクモデルは、本研究の目的である異常洪水時防災再操作が実施されるような洪水事例を良好に再現可能であることが確認された。

4. まとめ

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を行うに当たり、d4PDF の気象データを入力値としてタンクモデルにより算出した日流量の頻度分布を確認した。その結果、将来気候において洪水流量の発生頻度が増加する可能性が示唆された。講演時には、気候変動下における異常洪水時防災操作の発生確率および再開発前後における異常洪水時防災操作の発生確率の計算結果を提示し、より詳細な気候変動影響評価と再開発事業の適応効果について発表する予定である。

【謝辞】本研究は一般社団法人九州地域づくり協会による令和2年度調査研究等事業(代表：矢野，代表：丸谷)，2021年度河川財団助成(代表：矢野)により実施された。また、九州地方整備局にダム等のデータを提供いただいた。ここに記し謝意を表する。

【参考文献】1) Intergovernmental Panel on Climate Change(2011): Summary for Policymakers: 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) 丸谷ら(2011): 土論 B1(水工学), 67(4), I_547-I_552. 4) Watanabe *et al.* (2020): *Hydrol. Res. Lett.*, 14(2), 117-122.