

# 下笠・松原ダムの異常洪水時防災操作実施に至る 確率に与える気候変動の影響評価

九州大学大学院 学生会員 ○宮本昇平・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、平成29年九州北部豪雨や平成30年西日本豪雨のように、豪雨災害が日本各地で発生しており、平成30年豪雨については気象庁が初めて地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与も含まれていた可能性を示唆した。気候変動適応策の1つとしてダムは大きな効果を持つと考えられ、治水を目的とするダムの洪水調整の重要度が増すものと考えられる。洪水調整操作において、最大貯水容量の約8割に達した際に実施される「異常洪水時防災操作」は、ダム下流域へ甚大な被害を及ぼす状況を作ることから、その発生頻度やリスクを明らかにすることには重要である。

令和2年7月、九州地方では多数の線状降水帯が発生し、それにより球磨川をはじめとする流域で局地的に記録的な豪雨となった。筑後川上流にある下笠ダムにおいて、1972年にダムが完成して以降初めて異常洪水時防災操作が行われた。

本研究では、異常洪水時防災操作を行った下笠ダムとその下流にある松原ダムを対象として、気候変動に伴う異常洪水時防災操作の実施確率の変化を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を用いて評価することを目的とする。

## 2. 研究手法および解析結果・考察

本研究では、気候変動下での下笠・松原ダムへの流入量を予測するため、過去の洪水事例を対象に流出モデルを構築した。なお、本研究における流出モデルでは、過去の多くの研究で利用されている3段タンクモデルを採用した。

流出モデルの作成に際し、まず下笠・松原ダムの流域平均雨量を観測地点でティーセン法により算出した(図-1)。この際、松原ダムに関しては、2方向から水の流入があり、下笠ダムの放流量と杖立川からの流入量を足したものが総流入量となることを考慮し、杖

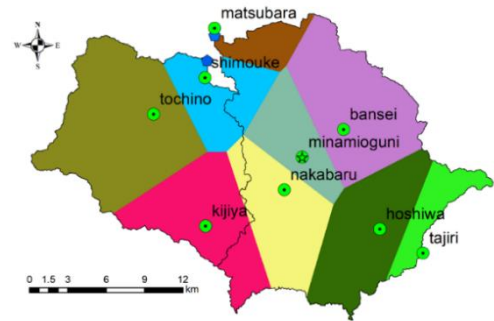


図-1 下笠・松原ダムの流域およびティーセン分割

立川方面の流域について計算した。雨量は下笠・松原流域付近にある9つの地点のデータを利用し、南小国はAMeDASから(図-1星印)、残りの8つ(雉谷, 下笠, 田尻, 栃野, 中原, 万成, 星和, 松原)は水文・水質データベースから入手した。

次に本研究では気候変動下における長期的な流出計算に基づく「異常洪水時防災操作」の実施頻度を評価するため、流出解析モデルに対する蒸発散量の考慮が重要となる。そこで本研究では、Thornthwaite法により月平均日蒸発散量を算出した。なお、下笠・松原ダム流域内において気温の観測は、南小国(AMeDAS観測所)のみで実施されていたため、南小国の気温を流域一様と仮定して蒸発散量を推定した。

続いて、較正期間を令和2年7月豪雨として流出モデルのパラメータ同定を行い、検証期間として下笠・松原流域において24時間雨量が多い事例である、平成21年7月と平成24年7月を再現精度の検討を行った。また、パラメータの妥当性の判断基準としては、Nash-Sutcliffe efficiency coefficient(NSE), Root Mean Square Error(RMSE), Coefficient of Determination (CoD)の3つの指標を用いた。各指標の式等の詳細は丸谷ら(土論B1, 2011)を参照いただきたい。

キーワード ダム, 異常洪水時防災操作, 気候変動, d4PDF

連絡先 〒819-0395 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	RMSE	CoD
下笠ダム	平成21年7月	0.8873	22.39	0.9025
	平成24年7月	0.9133	31.01	0.9248
	令和2年7月	0.9559	42.9	0.9571
松原ダム	平成21年7月	0.6336	29.63	0.7533
	平成24年7月	0.812	41.68	0.8467
	令和2年7月	0.9138	48.16	0.9143

下笠・松原ダムそれぞれの較正，検証期間の各指標の結果を表-1に示す。NSEとCoDは0.6以上で十分な再現精度を示すと言われており，検証期間におけるNSEとCoDは最低でも0.6336を示した。そのため，本研究で構築した流出モデルは，両ダムの流入量を良好に再現可能である。次に，作成した流出モデルにより現在気候と将来気候におけるダム流入量を計算した。解析には，d4PDF（空間解像度：20 km）の降水量と気温を用いた。d4PDFは気候モデルによる予測値のため，観測値との間にバイアスが存在する。本研究では渡部ら（土論 B1, 2018）の方法に基づき，1981-2010年の観測データを用いてバイアス補正を行った。なお，d4PDFのデータは，現在気候が1981-2010年の30年×50アンサンブル（=1,500年），将来気候（4℃上昇）が2051-2110年の60年×6sst×15アンサンブル（=5,400年）のデータを用いた。

最後に異常洪水時防災操作の実施頻度を推定するため，ダムの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。なお，公開されている放流ルール通りにダムモデルを運用した場合，実際のダム貯水位の変化を完全には再現できないため，本研究では水文・水質データベースで公開されている2003-2019年のダム貯水位の平均値を参考に非出水期の放流量を決定した。ダムモデルにより推定された放流量の内，計画最大放流量（下笠：350 m<sup>3</sup>/s，松原：1,100 m<sup>3</sup>/s）を超えるものを異常洪水時防災操作と見なし，その実施回数を比較した結果を図-2, 3，確率年に変換したものを表-2, 3に示す。これより，気温が4℃上昇した場合，下笠ダムではアンサンブルごとに計算した異常洪水時防災操作の頻度の平均値が約5倍になる可能性が示めされた。また，松原ダムも平均値を見ると操作の頻度が上がる可能性が示唆されたが，下笠ダムに比べて発生確率は小さい。ダム下流域の被害を抑えるために，2つのダムが2段構えで運用されることの有効

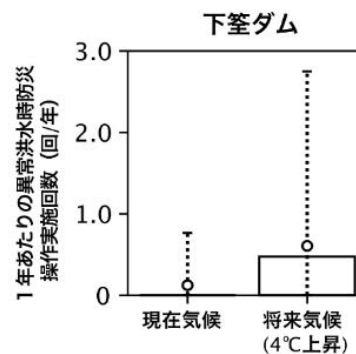


図-2 下笠ダムにおける1年あたりの異常洪水時防災操作実施回数（棒グラフ：中央値，○：平均値，エラーバー：最大，最小値）

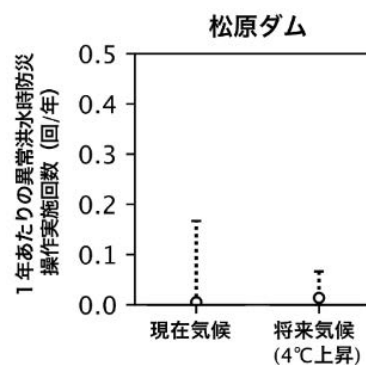


図-3 松原ダムにおける1年あたりの異常洪水時防災操作実施回数（棒グラフ：中央値，○：平均値，エラーバー：最大，最小値）

表-2 下笠ダムの異常洪水時防災操作の確率年

		現在気候	将来気候	比率
下笠ダム	平均	8.1年	1.6年	5.1倍
	中央値	—	2.1年	—
	最大値	1.3年	0.3年	4.3倍
	最小値	—	—	—

表-3 松原ダムの異常洪水時防災操作の確率年

		現在気候	将来気候	比率
松原ダム	平均	188.6年	76.9年	2.5倍
	中央値	—	—	—
	最大値	6.0年	15.0年	0.4倍
	最小値	—	—	—

性が示された。

### 3. 結論

令和2年7月豪雨で異常洪水時防災操作が初めて行われた下笠ダム，その直下の松原ダムについて，d4PDF，流出モデル，ダムモデルを用いて，異常洪水時防災操作に至る頻度について現在気候と将来気候下での違いを比較した。その結果，最大で5倍程度の異常洪水時防災操作実施の頻度の上昇が見られた。今後，本手法を他のダムへ適用し，気候変動下のダム運用について議論するための，有用な知見を得たい。