

下笠・松原ダムの異常洪水時防災操作実施確率に与える 気候変動影響評価

九州大学工学部 学生会員 ○宮本昇平

九州大学大学院 フェロー 矢野真一郎 正会員 丸谷靖幸

東京大学大学院 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 を用いて予測することを目的とする。

2. 研究内容

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解析モデルを構築した。なお、本研究における流出解析モデルでは、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

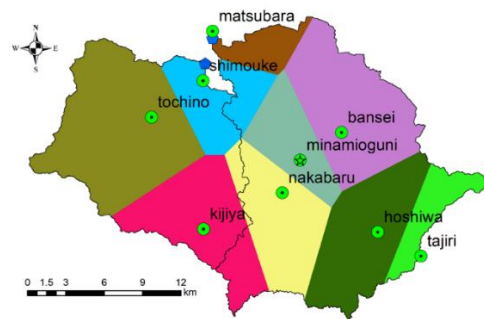


図-1 下笠・松原ダムの流域およびティーセン分割

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, 枋野, 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、令和 2 年 7 月豪雨を流出解析モデルの較正期間としてパラメータ同定を行い、下笠・松原流域で令和 2 年 7 月豪雨の他に 24 時間雨量が多かった、平成 21 年 7 月と平成 24 年 7 月を検証期間として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¹⁾。各指標の式等の詳細は丸谷ら²⁾を参照いただきたい。

次に、作成した流出解析モデルを用いて現在気候と

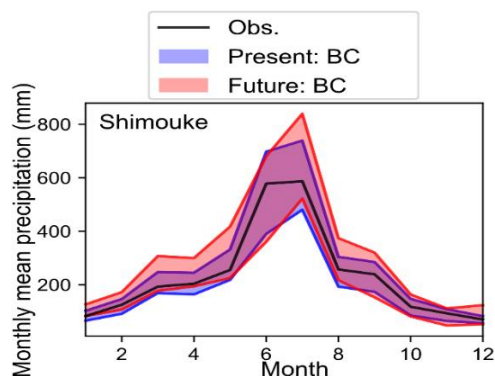


図-2 下笠ダム流域におけるバイアス補正後の月平均流域平均雨量。

将来気候におけるダムへの流入量を計算する。解析には、d4PDF（空間解像度：20 km）の降水量と気温を用いた。ただし、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。そのため、本研究では渡部ら²⁾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。バイアス補正の詳細は、渡部ら²⁾を参照いただきたい。

バイアス補正を行った現在・将来気候の月平均雨量を図-2に示す。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（＝1500年）、将来気候（4℃上昇）が2051-2110年の60年×6sst×15アンサンブル（＝5400年）のデータを用いている。

最後に異常洪水時防災操作の実施頻度を推定するため、ダムの放流ルール及びダムの水位と貯水量の関係性を考慮したモデルを作成し、現在気候と将来気候におけるダムの水位を計算することで、異常洪水時防災操作を開始する水位（最大貯水容量の約8割）を超えるものをピックアップすることで確率を計算する。

3. 結果

令和2年7月豪雨の観測流量を基に3段タンクモデルのパラメータ同定を行ったところ、下笠・松原ダムそれぞれの計算結果はNSEが0.9559と0.9138、RMSEが42.90と48.16、CoDが0.9571と0.9143となり、特にNSEとCoDは一般的に再現性が高いとされる0.7以上の値を示し、良好な再現性が確認された（図-3、図-4）。平成21年7月と平成24年7月を検証期間として流量を再現した結果を、表-1に示した。0.6以上の値を示せば十分な精度を示すとされるNSEとCoDが、最低でも0.6336を示したため、本研究で構築した流出解析モデルは、下笠・松原ダムの両者において十

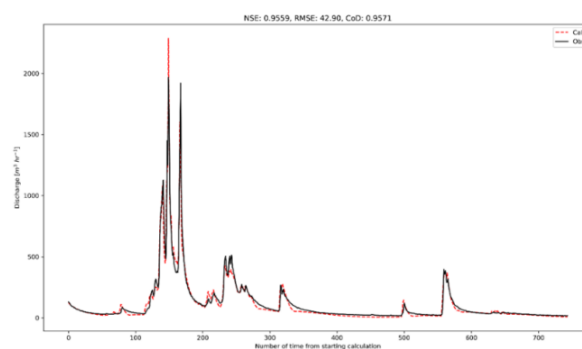


図-3 令和2年7月の下笠ダムへの流入量。

黒実線：観測値，赤破線：計算値。

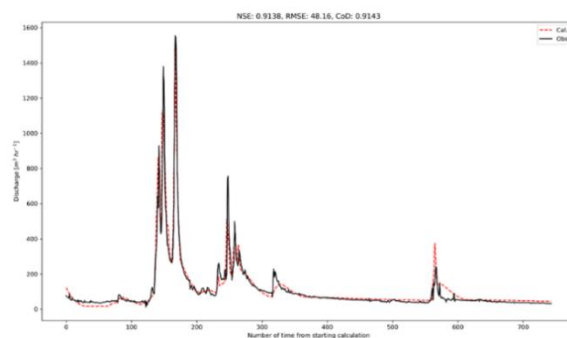


図-4 令和2年7月の松原ダムへの流入量。

黒実線：観測値，赤破線：計算値。

表-1 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
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

分に再現できていると判断した。

4. まとめ

気候変動下における流出解析に d4PDF を用いるに当たり、年最大日降水量の頻度分布を確認したところ、低頻度発生確率である高降水量で 1.1-1.4 倍程度増加する可能性が確認された。そのため、下笠・松原ダムに対する流入量も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実施確率の計算結果も含めた、より詳細な気候変動影響評価の結果について報告予定である。

〔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。〔参考文献〕1)丸谷ら(2011):土木学会論文集 B1(水工学), Vol.67, No.4, I_547-I_552. 2)渡部ら(2018):土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, I_127-I_132.