

流水型ダムの緊急放流へ移行する確率に与える気候変動影響評価 ～立野ダムを事例として～

九州大学大学院 学生会員 ○安藤胤帆, 宮本昇平, 伊島実咲, 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. 目的

近年, 平成 30 年西日本豪雨や令和元年東日本台風のような気候変動の寄与を含む豪雨災害の激甚化が日本全国で顕在化している. 丸谷ら(2021)は, 気象官署の降水量を基に気候変動の顕在化時期を評価しており, 九州北部では 2012 年頃, 九州南部では 2016 年頃に気候変動の影響が顕在化し始めていることが示唆されている. 気候変動適応策として, ダムによる洪水調節の重要性が以前より増すと考えられる.

洪水に対して操作を必要としない治水専用ダムとして流水型ダムが近年建設されている. 流水型ダムは洪水時のみ治水機能を発揮し, 通常時は貯水を行わずダムがない自然河川の状態に近い. そのため, 流水や土砂, 生き物の移動についての連続性を確保することができ, 自然環境との調和も取ることが可能である. 一方, 流水型ダムにおいても, ダム貯水位が設計洪水位を超過し, ダム流入量と放流量が同程度となる緊急放流状態に移行する可能性がある. このような現象は, 貯留型ダムにおける異常洪水時防災操作と同様な現象であり, ダム下流域へ甚大な被害を及ぼす可能性が高い. その結果, 平成 30 年西日本豪雨で見られたように人命に影響を及ぼすことも考えられる.

本研究では, 下流域に熊本市を持つ現在建設中の流水型ダムである立野ダムを対象として, 気候変動に伴う緊急放流の発生確率への影響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. 内容

本研究では, 気候変動下での緊急放流の発生確率の推定を目的としているため, 洪水流量の再現性が重要となる. そのため, 過去の洪水事例を基に流出解析モデルを構築した. 本研究では, 宮本ら(2021)と同様に 3 段

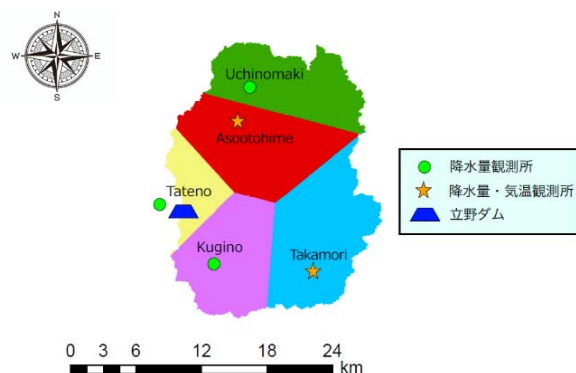


図-1 立野ダム流域およびティーセン分割

タンクモデルを採用した. タンクモデルでは流域を一つのタンクとみなすことで流量を推定するため, 入力値の集水域平均降水量・気温を観測地点のティーセン法により算出した. 降水量は立野ダム集水域付近にある AMeDAS 観測所から 3 地点 (立野, 内ノ牧, 久木野) および国土交通省観測所から 2 地点 (阿蘇乙姫, 高森) の計 5 地点, 気温は集水域付近の AMeDAS 観測所から 2 地点 (阿蘇乙姫, 高森) を利用した (図-1). また, 流出モデルについては蒸発散量の考慮も重要となる. そこで本研究では, Thornthwaite 法により月平均日蒸発散量を集水域平均気温より算出した.

続いて, 2007 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, 立野ダム集水域で 2007 年 7 月豪雨の他に 24 時間降水量が多かった, 2001 年 6 月と 2006 年 7 月を検証期間として再現精度の検討を行った. 流量の較正は立野地点を対象とした. 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.

立野ダムの較正期間におけるハイドログラフを図-2 に示し, 立野ダムの較正期間, 検証期間の各指標結果を

キーワード ダム, 流水型ダム, 気候変動, 緊急放流, d4PDF, 立野ダム

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 九州大学 W2 号館 1013 号室 TEL : 090-6002-5229

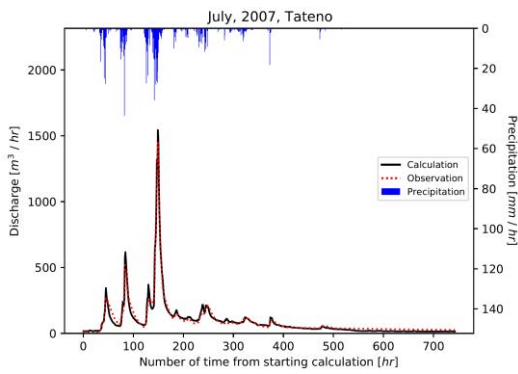


図-2 2007年7月の立野ダムへの流入量

(黒実線：計算値，赤破線：観測値，青線：降水量)

表-3 較正期間・検証期間の各指標結果

			NSE	RMSE	CoD
立野ダム	較正期間	2007年7月	0.9743	23.86	0.9761
	検証期間	2001年6月	0.9458	28.6	0.9478
		2006年7月	0.9147	41.46	0.9207

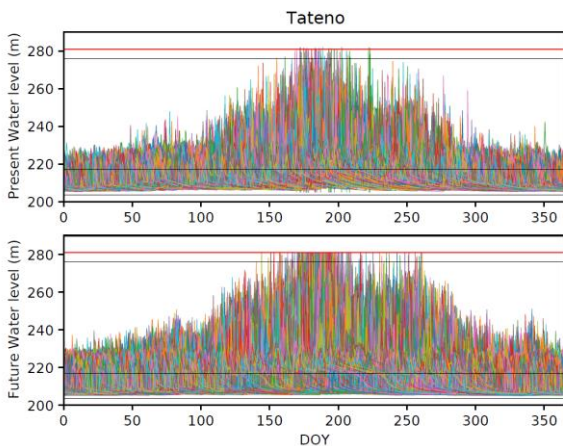


図-4 現在気候・将来気候の水位

(赤実線：設計洪水水位，黒実線 ※下から順に：下段洪水吐数高，上段洪水吐数高，非常用洪水吐数高)

表-1に示す。NSEとCoDは0.7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0.9147を示した。ゆえに本研究で構築した流出解析モデルは、十分に再現できていると判断した。

次に、作成した流出解析モデルを用いて現在気候と将来気候におけるダムへの流入量を算出した。解析には、d4PDF(空間解像度：20 km)の降水量と気温を用いた。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。そこで本研究では、Watanabe *et al.*(2020)の方法に基づき1989-2020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(=1500年分)、将来気候(4°C上昇)が2051-2110年の60年×6SST×15アンサンブル(=

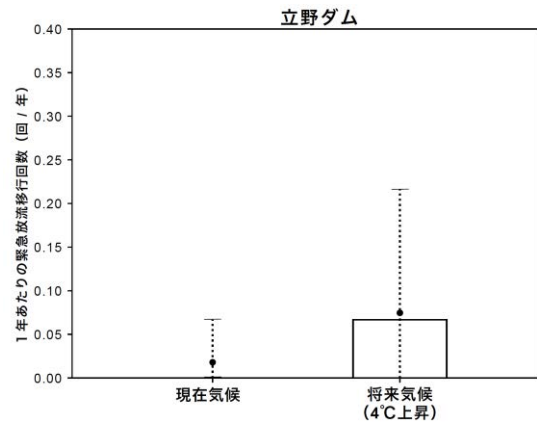


図-5 立野ダムにおける1年あたりの緊急放流移行回数

(棒グラフ：中央値，●：平均値，エラーバー：最大，最小値)

表-2 立野ダムの緊急放流確率年

		現在気候	将来気候	比率
立野ダム	平均値	55.6年	13.4年	4.1倍
	中央値	—	15年	—
	最大値	15年	4.6年	3.3倍
	最小値	—	—	—

5400年分)のデータを用いた。

最後に緊急放流の発生頻度を推定するため、ダム水位と放流量の関係に基づくダムモデルを作成した。ダムモデルにより緊急放流に移行する水位(設計洪水水位)を超過したイベントを現在気候と将来気候においてそれぞれ抽出し、発生確率を計算した。発生確率を比較した結果を図-5、確率年に変換したものを表-2に示す。これらより、気温が4°C上昇した将来気候の場合、立野ダムでは、アンサンブルごとに算出した緊急放流の確率年が最大値で3.3倍、平均値では4.1倍になる可能性が示めされた。

3. 結論

流水型ダムである立野ダムについて流出モデルとダムモデルを開発し、緊急放流が発生する確率について、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4.1倍の頻度の上昇が見られた。今後、本手法を用いて緊急放流への移行を極力防ぐための方法など、気候変動下の流水型ダム運用について検討するための有用な知見を得たい。

[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)丸谷ら(2022), 土論 B1,77(2). 2) 宮本ら(2022), 土論 B1,77(2). 3)Watanabe *et al.* (2020), *Hydrol. Res. Lett.*, 14(3).