

流水型ダムの緊急放流発生確率に与える気候変動影響評価 ～建設中の立野ダムを事例として～

九州大学工学部 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. はじめに

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¹⁾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を示唆している. 気候変動適応策の 1 つとして, ダムによる洪水調節の重要性が増すと考えられる.

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なダムである. しかし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, ダム流入量と流出量が同値となる緊急放流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, 最悪の場合, 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. 研究内容

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²⁾と同様に 3 段タンクモデルを採用した. タンクモデルでは流域を一

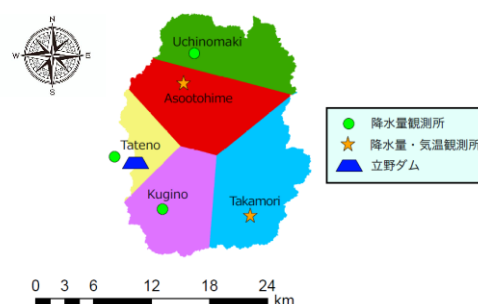


図-1 立野ダム流域にある降水量観測所のティーセン分割

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).

続いて, 平成 19 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, 立野ダム集水域で平成 19 年 7 月豪雨の他に 24 時間降水量が多かった, 平成 13 年 6 月と平成 18 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³⁾.

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.*⁴⁾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.

バイアス補正を行った現在・将来気候の集水域平均降

水量を図-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。

3. 結果

平成19年7月豪雨を対象に3段タンクモデルのパラメータ同定を行った結果、NSE=0.9743, RMSE=23.86, CoD=0.9761であった。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)。

次に検証期間として、平成13年6月と平成18年7月を対象に再現計算を実施した結果、NSEとCoDが、最低でも0.9147を示したため、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。

最後に、タンクモデルから計算された現在気候および将来気候の流出解析結果を入力値とし、ダムモデルの計算を行うことで、緊急放流の発生確率を計算する。解析結果の比較として、各アンサンブルメンバー内で緊急放流が行われた回数をカウントし、1アンサンブルメンバーの年数(現在気候:30年、将来気候:60年)で除すことで1年あたりの発生回数を算出する。

4. まとめ

気候変動下における流水型ダムの緊急放流発生確率を検討とした。d4PDFの降水量と気温を入力値として、現在気候および将来気候におけるダムモデルへの流入量を比較した。全アンサンブル中の最大流入量を確認したところ、最大値、最小値、平均値が現在気候は3,835 m³/s, 1,351 m³/s, 2,214 m³/s, 将来気候は4,642 m³/s(現在気候の1.2倍), 2,043 m³/s(1.5倍), 3,194 m³/s(1.4倍)であった。そのため、将来気候では立野ダムへの流入量が増加し、緊急放流へ移行する確率も上がることが予想される。また、構築したダムモデルにおける現在気候での立野ダムの貯水位と放流量を図-4に示す。講演時には、現在気候・将来気候における緊急放流発生確率の計算結果も含めた、より詳細な結果を報告する予定である。

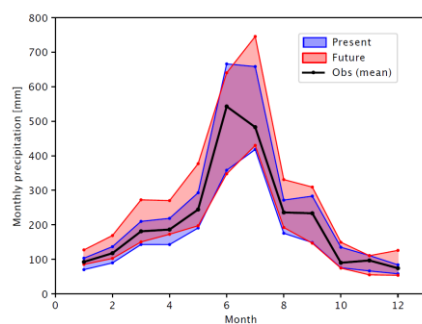


図-2 立野ダム集水域におけるバイアス補正後の流域平均月間降水量

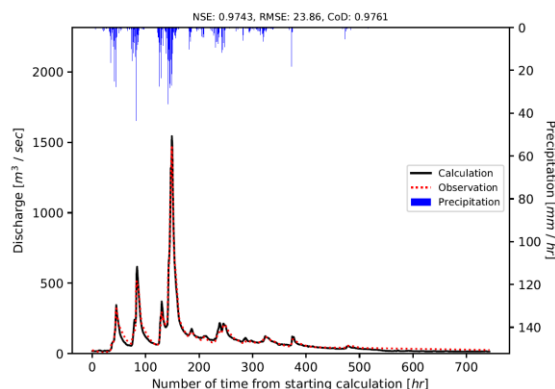


図-3 平成19年7月の立野ダムへの流入量
(黒実線: 観測値, 赤破線: 計算値, 青線: 降水量)

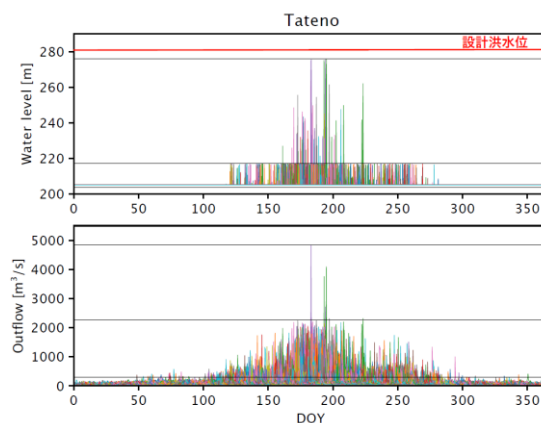


図-4 現在気候(d4PDF)の水位、放流量

【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)丸谷ら(2021):土論 B1(水工学),77(2),I_1261-I_1266.
- 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.