

d4PDF を用いた氾濫解析に基づくダムの洪水調節操作方式の検討  
 Study on Reservoir Operation Method for Flood Control  
 Based on Inundation Analysis by Using d4PDF

○岩本麻紀・野原大督・竹門康弘・小柴孝太・角哲也

○Maki IWAMOTO, Daisuke NOHARA, Yasuhiro TAKEMON, Takahiro KOSHIBA, Tetsuya SUMI

In recent years, extreme rainfall events hit Japan frequently. In Hiyoshi Dam, which is located in the upstream of Katsura River, the reservoir operation for flood control was changed in order to deal with smaller floods than originally designed one, because the river improvement works were behind schedule. In extreme flood events, however, the reservoir capacity for flood control becomes full more rapidly than in the original rule, and this increases a risk of severer inundation damage in the downstream area. In this study, firstly, return periods of ensemble rainfall events (d4PDF) were evaluated. Then, Rainfall-runoff-inundation analysis was conducted, changing the reservoir operation for flood control. River discharge, water level, economic damage in the downstream area and whether emergency spillway gate operation was conducted were evaluated. Finally, the reservoir operation for flood control that decreases the damage in the downstream area the most effectively was presented.

### 1. はじめに

近年、平成30年7月豪雨、令和2年7月豪雨などの大規模な水害が頻発している。平成30年7月豪雨では、淀川水系桂川の日吉ダムなど8基のダムが満水となり、流入量と同程度の水を放流する異常洪水時防災操作が実施された。また、桂川の中流部に位置する亀岡盆地では、頻繁に浸水被害が発生しており、2013年台風18号や平成30年7月豪雨でも浸水被害が発生した。日吉ダムでは、計画では300 m<sup>3</sup>/s～500 m<sup>3</sup>/s一定率一定量放流方式で治水操作が定められているが、下流の河川改修が完了していないため、計画よりも小さい規模の洪水を対象とした治水操作が行われており、現在は150 m<sup>3</sup>/s一定量放流方式が採用されている。しかし、この操作方式では当初計画よりも放流量が絞られるため、大規模洪水時に治水容量が満水となる可能性が高い。この場合は、異常洪水時防災操作が実施され、下流で急激に河川水位が上昇し、治水機能が十分に発揮できないと考えられる。

本研究では、はじめに、アンサンブル気候予測データベース d4PDF(Database for Policy Decision Making for Future Climate Change [1])を用いて、発生頻度が低く再現確率の不確実性が高い大規模な洪水を考慮するため、年最大雨量を含む5,400イベントの洪水を対象に、再現確率等の分析を行っ

た。次に、この洪水を入力降雨として、桂川流域を対象にダムの治水操作方式を変えて降雨流出氾濫解析を行い、下流河川の水位、流量、異常洪水時防災操作の実施の有無、氾濫による亀岡盆地での経済被害等を分析し、洪水の確率規模を考慮して、最も下流の被害低減に効果的なダムの治水操作手法について検討を行った。

### 2. d4PDF と観測雨量の極値雨量

d4PDF は、AGCM による大規模アンサンブルシミュレーションで、過去実験、非温暖化実験、4度上昇実験からなる。各実験期間は60年であり、

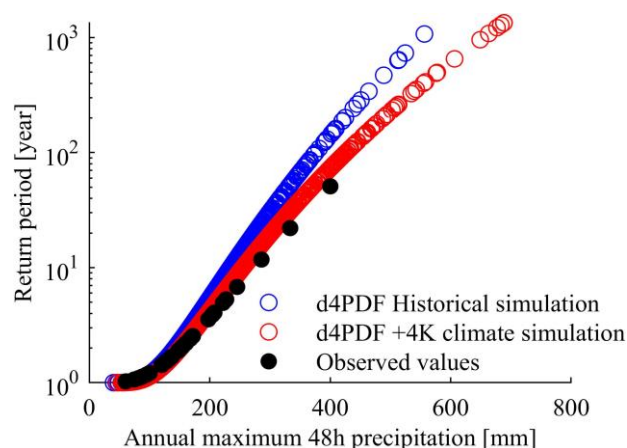


図1 雨量観測値、d4PDF 過去実験、4度上昇実験の年最大値のグンベル確率紙へのプロット

表1 観測値, d4PDF 過去実験, 4度上昇実験の比較

再現確率(年)	5	10	50	100	200	500	1000
観測値	226.1	274.5	377.8	420.9	470.7	522.7	565.0
過去実験	195.3	234.1	330.3	375.0	423.1	491.7	538.2
4度上昇実験	210.4	255.0	369.5	426.0	482.1	577.2	624.0

4度上昇実験は、90メンバに海面水温等の異なる初期値を与え、さらに摂動を加えた合計5,400年分の実験からなる。本研究では、標本サイズの大きな降雨データを用いて、ダム洪水調節操作を評価することを主眼にしているため、バイアス補正は行わないこととした。d4PDF過去実験の雨量と水文水質データベースからダウンロードした1989年から2018年(欠測の多い2009年を除く)の雨量観測値を比較した。年最大48時間雨量について、有意水準5%で2標本Kolmogorov-Smirnov検定を行った結果、p値は0.246となり、「観測値とd4PDF過去実験の母集団の確率分布が等しい」という帰無仮説が棄却されなかった。

確率規模の評価のため、一般極値分布モデルを仮定し、観測値、d4PDF過去実験、4度上昇実験についての母数推定を行った。図1に観測値、d4PDF過去実験、4度上昇実験の年最大48時間雨量のグンベル確率紙へのプロット、表1にそれぞれの再現確率を示す。観測値とd4PDF過去実験を比較すると、d4PDFが5~15%小さな値となった。これは、d4PDFが20km分解能の気候モデルの出力であるためと考えられる。d4PDF過去実験と4度上昇実験を比較すると、4度上昇実験が再現期間200年では1.1倍の増加、再現期間1,000年では1.2倍の増加であった。

### 3. RRIモデルによる降雨流出氾濫解析

解析に用いたRRIモデル[2]は、流域全体で降雨流出と洪水氾濫とを一体的に再現でき、対象流域は斜面部と河道部に分けて扱われる。斜面部には2次元の浅水方程式を拡散波近似した式を用い、河道部には1次元の拡散波近似モデルを適用する。本研究での計算のタイムステップは、河道部が60s、斜面部が600sである。RRIモデルにはダムモデルが組み込まれており、日吉ダムの治水操作は洪水調節開始流量が150m<sup>3</sup>/s、300m<sup>3</sup>/s、500m<sup>3</sup>/sの一定量放流方式とした。地形データには解像度1sの日本域表面流向マップ[3]を使用し、計算時間の短縮のため、解像度を150mにアップスケールした。d4PDF4度上昇実験の年最大

48時間雨量の開始24時間前から合計192時間を1つの降雨事象とし、年最大値が12月31日と1月1日をまたぐ場合には対象から外した。各洪水調節操作方式において、異常洪水時防災操作の実施の有無、下流の水位や浸水面積を比較した。

### 4. 経済被害額の推定

治水経済調査マニュアル(案)に基づき、農地と家屋の直接被害についての経済被害額の推定を行った。さらに、2で評価した再現確率を用いて、水害リスクカーブを作成し、ダムの治水操作を変化させた場合の被害額や水害リスクカーブの違いについて分析した。3.と4.の詳細な結果については、講演時にご紹介する。

### 5. まとめ

本研究では、桂川流域を対象として、d4PDFの4度上昇実験の雨量を用いて、降雨の規模や時空間分布を考慮し、下流の被害を軽減するダムの治水操作方式について検討を行った。降雨流出氾濫解析の結果に基づき、ダムの治水操作方式を変えた場合の異常洪水時防災操作の実施回数や下流での最大水位、浸水面積、浸水による経済被害などを算出し、最も効果的に治水効果を発揮できる治水操作方式を提案した。

### 参考文献

- [1] Mizuta, R. and Coauthors : Over 5,000 years of ensemble future climate simulations by 60 km global and 20 km regional atmospheric models, Bull. Amer. Meteor. Soc., pp. 1383-1398, 2017.
- [2] Sayama, T., Ozawa, G., Kawakami, T., Nabesaka, S. and Fukami, K.: Rainfall-runoff-inundation analysis of the 2010 Pakistan flood in the Kabul River basin, Hydrological Sciences Journal, 57:2, 298-312, 2012.
- [3] 山崎大, 富樫冨佳, 竹島滉, 佐山敬洋 : 日本全域高解像度の表面流向データ整備, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.74, No.5, I\_163-I\_168, 2018.