

大量アンサンブル気候予測実験データを用いた 分布型流出モデルによるピーク流出量の算出について

(株) ドーコン 正会員 ○植村郁彦, 舛屋繁和, 吉田隆年, 大村宣明
 一般財団法人 北海道河川財団 山本太郎, 千葉学, 戸村翔
 国土交通省北海道開発局 岡部博一, 佐々木博文
 元 国土交通省北海道開発局 小林彩佳
 北海道大学大学院工学研究院 星野剛, 山田朋人
 室蘭工業大学大学院工学研究科 中津川誠

1. はじめに

『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 (以下, d4PDF)』¹⁾が公開され, d4PDF が有する極端降雨事象に着目し, 将来気候下での流出量が分布型流出モデルにより算定されている²⁾³⁾. 流出モデルのパラメータ設定手法の一つとして, 既往の大規模出水に対する最適パラメータを同定する方法が挙げられる. 一方, この手法では既往出水と時空間分布が異なる降雨事象の流出量が十分に再現できない可能性が考えられる. この点に着目し, 本研究では, 気候変動による洪水災害リスクの評価に向け, 様々な降雨の時空間分布に適用可能な, 降雨事象に応じたパラメータ設定による流出量予測精度向上手法を提案するとともに, 将来気候下での流出量を提示する.

2. 方法

i) 既往出水最適化ケース, ii) 降雨事象に応じたパラメータ設定 (パラメータ関数化と称す) ケースの両者で流出量を算定し, 比較した. 本研究では, 北海道東部に位置する流域面積 2,678km² の十勝川帯広地点流域を対象とし, 下流端でのピーク流量を評価した.

(1) 分布型流出計算モデルの概要

流出モデルは, 北海道開発局において洪水予測に用いられている分布型2段タンクモデルを使用した⁴⁾. モデルは, 表面・中間流出成分を非線形貯留方程式で表す上段タンク, 地下水流出成分を線形貯留方程式で表す下段タンクにより構成される (図-1). 格子サイズは, 1km×1km とした.

(2) 使用データ

流出モデルへの入力降雨は, d4PDF (領域 20kmモデル) で帯広地点の流域平均 72 時間雨量が年最大

基礎式 (2段タンク)

$$\begin{cases} s_1 = k_{11}q_1^{p_1} + k_{12} \frac{d}{dt}(q_1^{p_2}) \\ \frac{ds_1}{dt} = r - q_1 - b \\ b = k_{13}q_1 \\ s_2 = K_{21}q_2 + k_{22} \frac{d}{dt}(q_2) \\ \frac{ds_2}{dt} = b - q_2 \\ q = q_1 + q_2 \end{cases}$$

モデル定数

$$\begin{cases} k_{11} = c_{11}A^{0.24} \\ k_{12} = c_{12}k_{11}^{-0.2648} \\ k_{13} = c_{13} - 1 \\ k_{21} = \frac{c_0}{c_1}k_{13} [c_0 = (\delta/T_c)^2] \\ k_{22} = \frac{1}{c_0}k_{13} [c_1 = \delta^2/T_c] \\ C_{11} = X \times f_c \\ f_c = (n/\sqrt{i})^{0.6} \end{cases}$$

基礎式 (河道追跡)

$$\begin{cases} \frac{dA}{dx} + \frac{dQ}{dx} = 0 \\ Q = hBv \\ v = \frac{1}{n} \frac{2}{h^{3/2}} \end{cases}$$

s₁: 1段目タンク貯留高(mm), s₂: 2段目タンク貯留高(mm), r: 観測雨量(mm/h), q: 全流出高(mm/h), q₁: 表面・中間流出高(mm/h), q₂: 地下水流出高(mm/h), b: 1段目タンクから2段目タンクへの浸透供給量(mm/h), k₁₁, k₁₂, k₁₃, k₂₁, k₂₂: 貯留係数, k₁₃: 浸透係数, p₁, p₂: 貯留指数, A: 流域面積(km²), F: 平均雨量強度(mm/h), c₁₁, c₁₂, c₁₃: モデル定数(未知定数), f_c: 流域粗度, N: 等価粗度(s/m^{1/3}), i: 平均斜面勾配, p₁ = 0.6, p₂ = 0.4648, δ = 2.1, X: 未知定数, h: 水深(m), B: 河道幅(m), n: 河道粗度, i: 河道勾配

図-1 流出計算モデルの概要

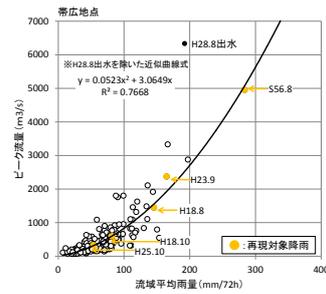


図-2 流量と雨量の関係

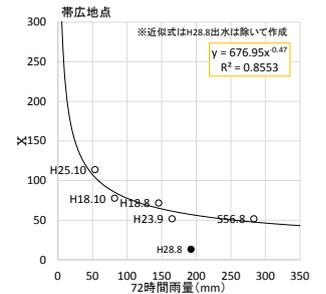


図-3 関係式の作成

となる降雨事象を力学的ダウンスケーリングした領域 5km モデル⁵⁾の出力値を用いた. ケース数は, 過去実験 60年(1951-2010)×50メンバの計 3000年, 4℃昇温実験 60年(RCP8.5シナリオ 2090年相当)×90メンバの計 5400年である. 実績降雨は, 地上観測所雨量及びレーダー・アメダス解析雨量の時間雨量データを使用した.

(3) 流出モデルパラメータ設定方法

i) 既往出水最適化ケース

実績降雨事例の再現計算により, 再現対象降雨に対する最適パラメータを同定した. 再現対象降雨は, H23.9出水と既往最大降雨を観測した H28.8出水の2事例を選定した.

ii) パラメータ関数化ケース

パラメータと降雨量の関係式を作成し, 各気候モデル実験の降雨量に応じたパラメータを設定した. 関係

キーワード 気候変動, 大量アンサンブル実験データ, d4PDF, 分布型流出計算, 流出モデルパラメータ, 年最大流量
 連絡先 〒004-8585 札幌市厚別区厚別中央1条5丁目4番1号 (株)ドーコン 河川環境部 TEL011-801-1532

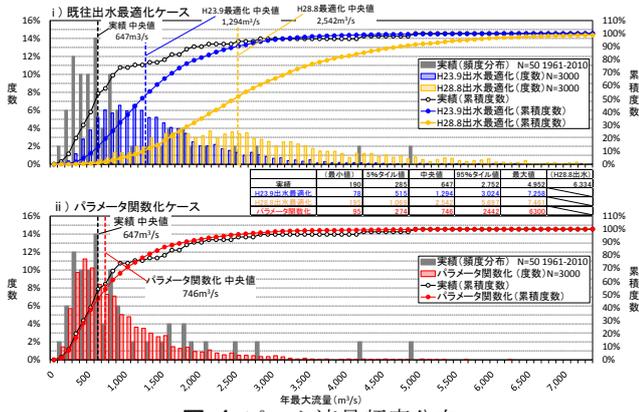


図-4 ピーク流量頻度分布

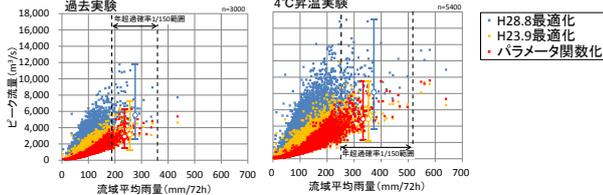


図-5 流域平均雨量とピーク流量の関係

式の作成手順を以下に示す。

- ①再現対象降雨事例の選定：観測データから既往出水における各観測地点のピーク流量と流域平均72時間雨量を整理し、再現対象降雨を5事例選定した(図-2)。
- ②再現計算の実施：選定した降雨事例に対する最適パラメータを同定した。流出モデルパラメータは、貯留係数 k_{11} , k_{12} に付随する未知定数 X を可変とし、それ以外のパラメータは同一値となるよう調整した。
- ③関係式の作成：各選定した降雨事例の流域平均72時間雨量とパラメータ X から、関係式を作成した(図-3)。

3. 結果

(1) パラメータ設定方法による観測実績再現性

観測実績の再現性は、実績年最大流量群に対する全過去実験ピーク流量の頻度及び累積度数の整合度合いにより評価した(図-4)。中央値に着目すると、既往出水最適化ケースでは、実績 $647 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して、H23.9出水で $1,294 \text{ m}^3/\text{s}$ 、H28.8出水で $2,452 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、頻度分布は大きく乖離した。これは、降雨量の大きな降雨事象に対して最適化したパラメータを用いたため、降雨量の小さな実験ケースの流出量を過大に算出したためと考えられる。一方、パラメータ関数化ケースでは $746 \text{ m}^3/\text{s}$ と観測実績と近い値になり、頻度及び累積度数は整合し、再現性が大幅に向上した。

(2) 将来気候下における流出量

将来気候下における流出量は、領域 5km モデル出力降雨から別途算出された年超過確率 1/150 雨量の取り得る範囲⁵⁾のピーク流量で評価した(図-5)。ピーク流

量は、 4°C 昇温実験で $2,278 \text{ m}^3/\text{s} \sim 9,485 \text{ m}^3/\text{s}$ の幅を有し、中央値は $4,852 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、過去実験 ($2,917 \text{ m}^3/\text{s}$) に対して 1.66 倍となった。また、年超過確率 1/150 雨量の中央値付近でピーク流量は、約 $3,500 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の幅を有しており、降雨量が同一でも、降雨の時空間分布特性により、流出量が大きく変動することが示唆された。

4. おわりに

本研究により得られた主な成果を以下に列記する。

- ・ 降雨量に応じたパラメータを設定することで、実績年最大流量の頻度分布の再現性が向上した。
- ・ 帯広地点のピーク流量は、年超過確率 1/150 降雨の場合、将来気候下で約 1.66 倍となった。
- ・ 気候変動による流出量増加リスクを評価する際は、降雨量の増加に加え、降雨の時間的・空間的な集中等の降雨特性の変化にも考慮する必要がある。

謝辞 本研究は、国土交通省北海道開発局及び北海道が設置した「北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会」⁶⁾の中で実施・検証されたものである。解析に使用した領域 5km モデルは、文科省・気候変動リスク情報創生プログラムで作成された d4PDF を使用し、平成 29 年度地球シミュレータ特別推進課題ならびに文部科学省 SI-CAT の支援により地球シミュレータを活用することで得られたものである。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 丸谷靖幸他: 超多数アンサンブル気候予測実験データを用いた極値河川流量の将来変化の分析, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.3, 77-90, 2017.
- 2) 立川康人他: 気候変動影響評価に向けた気候モデルおよび影響評価モデルの不確実性の評価, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, I_109-I_114, 2018.
- 3) (財) 北海道河川防災研究センター・研究所: 実時間洪水予測システム【解説書】, pp.215-216, 2004.
- 4) 山田朋人, 星野剛他: 北海道における気候変動に伴う洪水外力の変化, 河川技術論文集, 第 24 巻, 2018.
- 5) 舛屋繁和他: 実河川流域における大量アンサンブル気候予測データに基づく不確実性を考慮した将来気候下での確率雨量, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.74, No.5, I_121-I_126, 2018.
- 6) 北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会, 2017.

(https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/kawa_kei/splaat000000vdyw.html)