

# 米代川流域における確率降雨と確率洪水流量の関係

東北大学工学部 学生会員 ○菅原 雄太  
東北大学工学部 学生会員 高 雷  
東北大学大学院 正 会 員 風間 聡  
東北大学大学院 正 会 員 小森 大輔

## 1. はじめに

近年、世界の至る所で降雨に起因する甚大な水災害（洪水、渇水）が問題視されている。また近年では地球温暖化の進行に伴う地球規模での気候変動により、日本において降水量や降水パターンに変化が生じている。日本の河川の特徴として世界の河川と比較して勾配が急でありかつ総延長が短いため降水の流出率が高い状況にあり、豪雨に伴う洪水リスクの増加が危惧されている。現行の治水計画は確率降雨を与えて算出された、ある一つの地点における流出量をピーク流量と設定している、一つの地点の出水を用いて流域の出水を表現しており、他の地点の出水は無視されている。しかし前述した豪雨に伴う洪水リスクを考慮すると確率降雨の発生場所や大きさの違いによる洪水の確率を正確に知る必要があり未だ流域における洪水の確率の空間的な広がりについて定量的な検証は行われていない。したがって、本研究は米代川流域を対象に DAD (Depth-Area-Duration ; 降雨量-降雨面積-降雨継続時間) 解析を用いて雨量最大値とした 24 時間確率降雨の空間分布を作成し、分布型流出モデルを用いて流量を算出し、頻度解析によって、24 時間確率降雨と確率洪水流量との関係性を評価することを目的とする。



図-1 対象領域の米代川流域

## 2. 対象地域・データセット

対象領域は秋田県北部に位置する米代川流域である。対象領域を図-1 に示す。幹川流路延長 136km、流域面積 4100km<sup>2</sup> の一級河川である。米代川流域は山地部が狭窄部となり盆地が形成されているため盆地内は洪水被害の常襲地帯である。

解析に使用した標高データは国土数値情報から、降水量データは地域気象観測 (AMeDAS) データから、取得した。本研究では風速は一律 5m/s としている。さらに確率洪水流量の算出のために実測の流量データを水文水質データベースより取得した。解像度は 250×250m を基本メッシュとし、米代川流域周辺を含む 328×328 個に分割し計算を行った。

## 3. 流出計算

流出解析は斜面部の流出成分を直接流出と基底流出に分け、直接流層を kinematic wave 法とマンニングの式、基底流層は貯留関数法を用いて算出した。河道部は kinematic wave 法を用いて算出した。

kinematic wave 法は以下(1), (2)式で示される。

$$Q = \frac{1}{n} B h^{5/3} I^{1/2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = r_e \times B \quad (2)$$

$A$ : 流水断面積(m<sup>2</sup>),  $B$ : メッシュ幅(m),  $Q$ : 流量(m<sup>3</sup>/s),  $r_e$ : 降雨量(m/s),  $t$ : 時間(s),  $x$ : 流下方向の距離(m),  $h$ : 水深(m),  $n$ : マニングの粗度係数(m<sup>-1/3</sup>・s),  $I$ : 流路勾配  
貯留関数法は以下(3), (4)式で示される。

$$\frac{ds}{dt} = r' - q \quad (3)$$

$$s = kq^p \quad (4)$$

$S$ : 見かけの貯留高(m),  $r'$ : 浸透量(m/s),  $q$ : 基底流の流出高(m/s),  $k, p$  はモデル定数( $k=150.0, p=0.5$ )である。

キーワード: 分布型流出モデル DAD 解析 タルボット式 ホートン式

連絡先: 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学工学研究科土木工学専攻 水環境システム学研究室

浸透量  $r'$  は以下(5)の式により求めた。  
 ここで  $k_a$  はモデル定数 ( $k_a=8.00 \times 10^{-6}/s$ ) である。

$$r' = k_a \times h \quad (5)$$

#### 4. DAD 解析

DAD 解析は降雨量と降雨面積と降雨継続時間の関係式を求める方法であり、DAD 解析により降雨量と雨域の関係を経験的に知ることができる。

本研究では DAD 解析を降雨強度と降雨継続時間の関係式を求める DD 解析と、降雨強度と降雨面積の関係式を求める DA 解析に分けて解析を行い、上流の鹿角市の確率降雨の空間分布を作成した。DD 解析にタルボット式<sup>4)</sup>を採用し DA 解析にはホートン式<sup>5)</sup>を採用した。タルボット式は以下(6)式で示される。

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (6)$$

$I$ : 最大降雨強度(mm/h),  $t$ : 降雨継続時間(s),  $a, b$ : 地点によって異なる定数。ホートン式は以下(7)式で示される。

$$P = P_0 e^{-kA^n} \quad (7)$$

$P$ : 24 時間降水量(inch),  $P_0$ : 点雨量最大値(mm/h),  $A$ : 降雨面積(mi<sup>2</sup>), ここで( $k, n$ )は Horton により大量の降雨のデータから得られた( $k, n$ )=(0.1, 0.2)を採用した。

鹿角市の AMeDAS の降雨量データから最小二乗法を用いて  $a, b$  の値を算出し(6)式を作成した。

鹿角市の 24 時間降雨が 50, 100, 200, 300mm になるように(6)式の  $b$  の値をキャリブレーションした。得られた(6)式の値を(7)式に代入することで 328×328 の各メッシュの降雨量を分布させ、降雨量の空間分布を作成した。降雨の空間分布の例として図-1 に鹿角市の 24 時間降雨 300mm の最大降雨分布図を示した。

#### 5. 結果

DAD 解析を用いて作成した鹿角市の降雨量の空間分布を分布型流出モデルに入力し、上流(十二所)、中流(鷹巣)、下流(二ツ井)の流出量を算出し頻度解析を行った。図-2 に鹿角市における確率降雨と確率流量の関係を示す。この結果からリターンピリオド約 40 年以下の場合の確率流量の大きさは上流 > 中流 > 下流の順である。しかしリターンピリオド約 40 年以上の場合の確率流量の大きさは中流 > 上流 > 下流の順である。

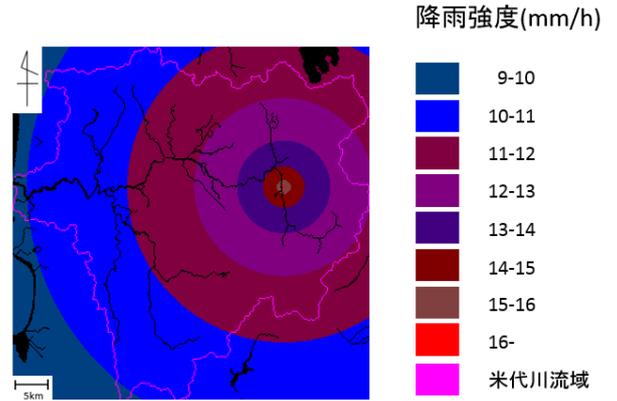


図-2 24 時間降雨 300mm の最大降雨分布図(鹿角)

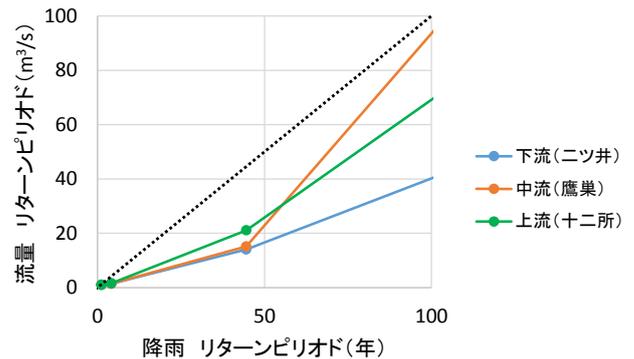


図-3 確率降雨と確率洪水流量の関係(鹿角)

#### 6. まとめ

本研究から以下の結論を得た。

- 1) 鹿角を雨量最大値とする降雨量の空間分布を分布型流出モデルに入力することで確率降雨と確率洪水流量の関係を可視化した。
- 2) リターンピリオド約 40 年以下の確率降雨の場合、確率流量の大きさは上流 > 中流 > 下流であり、リターンピリオド約 40 年以上の確率降雨の場合確率流量の大きさは中流 > 上流 > 下流である。

今後は確率降雨の雨量最大値を能代、阿仁合に設定し、降雨量の空間分布を作成し分布型流出モデルに入力することで、他の地点における確率降雨と確率洪水流量の関係も把握し考察を行う予定である。

#### 謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費 (S-14)、東北地域づくり協会、三井共同建設コンサルタントの支援により実施された。

#### 参考文献

- 1) 地球温暖化予測情報, 第 8 巻, 2013.
- 2) 吉川秀夫: 河川工学, 朝倉書店 (1980)
- 3) R.E.Horton : Discussion on distribution of intense rainfall, Transactions, ASCE, Vol.87, pp.578-585 (1924)