

# 降雨流出における流域形状が河川水位に与える影響に関する研究 —鬼怒川流域を例にして—

中央大学大学院 学生会員 ○及川 雄真  
中央大学大学院 学生会員 小山 直紀  
中央大学 フェロー会員 山田 正

## 1. はじめに

近年、令和元年台風第19号、平成30年7月豪雨や平成27年9月関東・東北豪雨など日本全国で毎年のように集中豪雨が頻発し、甚大な被害をもたらしている。集中豪雨による災害を軽減するためにはその発生を精度よく予測する必要がある<sup>1)</sup>ことが指摘されているが、現時点ではその発生を精度良く予測する段階には至っていない。集中豪雨の発生の高精度な予測が困難な現状において、降雨の時空間分布が河川水位へ及ぼす影響を定量的に評価することが必要であると考えられる。

筆者ら<sup>2)</sup>は、鬼怒川流域において、平成27年9月関東・東北豪雨を対象に線状降水帯の形成位置の違いが河川水位に与える影響の検討を行った。本研究では、降雨の時空間分布が河川水位に与える影響を解明することを目的とし、複数の降雨イベントにおいて雨域を人為的に移動させて降雨流出解析および河道計算を行い、**図-1**の赤点で示す鬼怒川の基準点である水海道地点における水位について検討した。

## 2. 対象流域と降雨流出解析の概要

### (1) 対象流域と対象降雨

本研究では、鬼怒川流域（流域面積1760 km<sup>2</sup>、河川長177km）においてピーク水位が氾濫注意水位を超えた5降雨イベントを対象に降雨流出解析を行った。鬼怒川流域は**図-1**に示すように南北に細長い流域であり、雨域が東西方向に移動した場合に降水量が大きく変化すると考えられる。

### (2) 降雨流出解析の手法

**図-1**のように、対象流域を、面積が約100km<sup>2</sup>程度のサブ流域に分割し、サブ流域ごとにCバンドレーダによる10分間ごとの観測雨量を1時間雨量に算術平均したものを与えた。流出計算には山田ら<sup>3)4)</sup>が提案した鉛直浸透機構と斜面計算を分離した降雨流出モデルを用いた。このモデルでは、山腹斜面が複数の層で構成されていると考え、鉛直浸透と各層における流出に寄与する雨量の連続関係から以下の式(1)~(3)を得る。

式中の変数は次の通りである。 $n$ ：層数、 $m$ ：各層における側方成分の数、 $s_n$ ：各層の土壌内水位[mm]、 $a_{nm}$ 、 $b_n$ ：各側方成分浸透成分の比例定数[1/h]、 $h_{nm}$ ：流出成

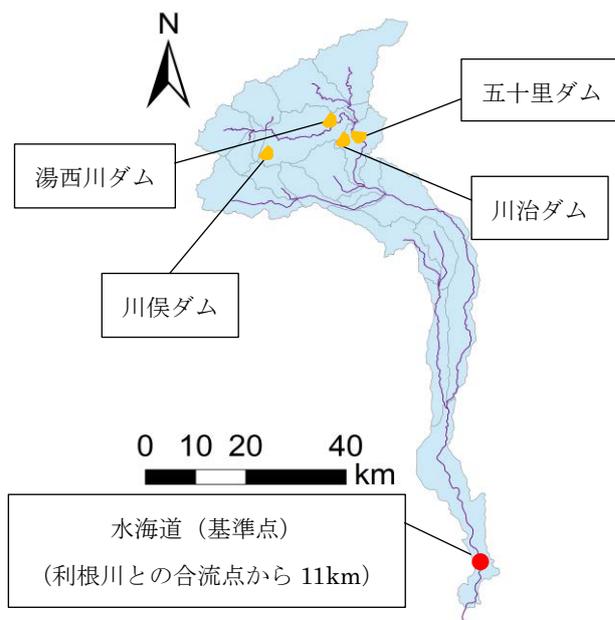


図-1 サブ流域に分割した鬼怒川流域と河道網

分発生<sup>5)</sup>の閾値[mm]、 $r_{nm}$ ：斜面流出に寄与する雨量[mm/h]、 $V_n$ ：鉛直浸透量[mm/h]、 $\alpha_{nm}$ 、 $\beta_{nm}$ ：それぞれ単一斜面における降雨流出の基礎式の各側方成分、鉛直浸透成分の比例定数である。

本モデルの概念図を**図-2**に示す。降雨流出モデルで使用するパラメータは、川俣ダム流域（流域面積179.4 km<sup>2</sup>）において、総雨量100mm以上の13降雨イベントにおいて同定したパラメータの平均値を全てのサブ流域

$$\frac{ds_n}{dt} = V_{n-1} - r_{nm} - V_n \quad (1)$$

$$\begin{cases} r_{nm} = 0 & (s_n < h_{nm}) \\ r_{nm} = a_{nm}(s_n - h_{nm}) & (s_n \geq h_{nm}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\frac{dq_{nm}}{dt} = \alpha_{nm} q_{nm}^{\beta_{nm}} (r_{nm} - q_{nm}) \quad (3)$$

に一樣に与え斜面計算を行った。河道計算はMIKE11を用いて一次元不定流計算を行った。なお、本研究における河道計算では堤防からの越水や溢水及び決壊は発生しないと仮定している。

(3) 実測降雨の雨域の移動

本研究では、それぞれの降雨イベントにおいて、実測降雨における計算に加え、実測降雨の雨域を東西方向へ5kmずつ、最大20km人為的に移動させた場合の計9パターンの計算を行った。

3. 結果

鬼怒川水海道地点における水位ハイドログラフ(9パターン全てプロットしたもの)の一例を図-3に示す。水位ハイドログラフは水位、時刻においてそれぞれ幅を持ち、特にピーク付近で幅が広がっている。

ピーク水位の増減表の一例を図-4に示す。緑点で示す実測降雨を用いた計算結果よりもピーク水位が大きくなる場合があった。

降雨イベントごとのピーク水位の最大差を表-1に示す。ピーク水位の最大差(最大のピーク水位-最小のピーク水位)は、東西20kmの範囲で実測降雨の雨域を移動させた場合に0.7m以上の幅を持つことが分かった。また、線状降水帯が発生していたイベント(平成27年9月関東・東北豪雨)ではピーク水位の最大差が特に大きく、ピーク水位の最大差は2.39mとなった。

4. まとめと今後の展望

本研究では、鬼怒川流域を対象に降雨を東西方向に人為的に移動させ、河川の水位へ与える影響を検討した。特に局所的な豪雨に対しては、鬼怒川流域のような細長い流域における洪水の予測をする際には、現状よりも高精度な予測が求められる。今後は、流域形状に加え、降雨の特性も考慮した解析・分析を進めていく。

参考文献

- 1) 津口裕茂：線状降水帯，天気，Vol.63，pp.727-729，2016。
- 2) 及川雄真，青木啓祐，諸岡良優，山田正：線状降水帯の形成位置が河川水位に与える影響—平成27年9月関東・東北豪雨を例にして—，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会概要集，II-167，2019。
- 3) 吉見和紘，山田正：鉛直浸透機構を考慮した流出計算手法の長短期流出解析への適用，土木学会水工学論文，Vol.70，pp.367-372，2014。
- 4) 山田正：山地流出の非線形性に関する研究，水工学論文集，第47巻，pp.259-264，2003。

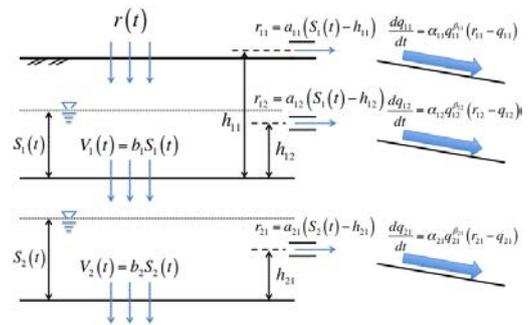


図-2 鉛直浸透機構を考慮した降雨流出モデルの概念図 (2段3層モデル)

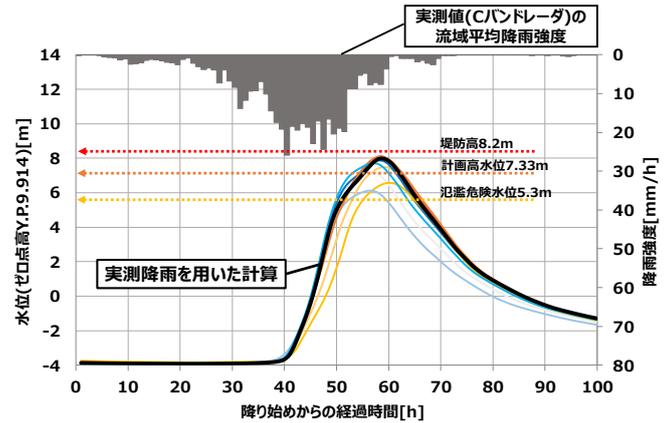


図-3 線状降水帯の雨域を東西へ人為的に移動させた時の水位ハイドログラフの一例(2015年9月関東・東北豪雨) [ピーク付近で水位ハイドログラフの幅が広がっている。]

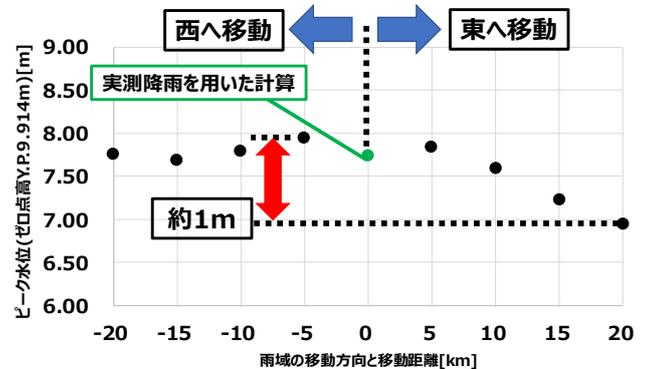


図-4 降雨を東西へ人為的に移動させた時のピーク水位の増減表の一例(令和元年台風第19号) [実測降雨を用いた計算結果よりもピーク水位が大きくなる場合があり、ピーク水位は1m程度の差がある。]

日時	降雨型	ピーク水位の差[m]
2019/10/11~10/15	台風	1.01
2017/10/20~10/24	台風	1.09
2015/9/8~9/12	台風(線状降水帯)	2.39
2011/9/19~9/23	台風	0.73
2007/9/5~9/9	台風	1.86

表-1 降雨イベントごとのピーク水位の最大差 [線状降水帯が発生していた降雨イベントではピーク水位の最大差が特に大きくなっている。]