

複数支川からの流入時刻の違いが本川水位に及ぼす影響に関する研究 —令和元年東日本台風を例にして—

中央大学大学院

学生会員 ○高良 圭

中央大学

正会員 小山 直紀

中央大学大学院（現：国土交通省）

正会員 及川 雄真

中央大学 フェロー会員

山田 正

1. はじめに

近年、令和元年東日本台風、令和2年7月豪雨など日本各地で毎年のように豪雨災害が発生し、甚大な被害をもたらしている。豪雨災害において降雨の時空間分布が実測とは異なっていたと想定した場合、複数支川から本川への流入時刻が変化し、危険性が增大していた可能性がある。

また、洪水に対応する手法の一つとしてダムによる洪水調節があり、これは、主にピーク流量を低下させ、ピーク時刻を遅らせる効果を持つ。そのため、複数支川からの流入時刻について、下流の水位がより高くなる流入パターンを明らかにすることは、流域内のダム群の効率的な運用方法を検討する際に、有用な情報となると考える。

本研究では、複数支川からの流入時刻の違いが本川の水位に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、支川流域の実測降雨に伴う流量ハイドログラフを時間軸方向に平行移動させた場合における本川の水位変化を求め、その影響を検証した。

2. 対象流域および降雨流出解析の概要

(1) 対象流域および降雨

図-1に本研究で対象とする利根川上流域の概要図を示す。当該流域は、奥利根流域(1794km²)、吾妻流域(1351km²)、烏川流域(1374km²)、神流川流域(419km²)の4つの中流域で構成されている。対象降雨は令和元年東日本台風とした。当該台風は、令和元年10月11日から10月13日にかけて関東地方に上陸した。対象流域におけるその総降雨量は10月11日から10月13日の3日間で288mmであり、この総降雨量は計画降雨量である336mm/3日¹⁾に迫る降雨であった。

(2) 降雨流出解析の概要

対象流域における中流域を、面積が約200km²程度のサブ流域に分割し、サブ流域ごとに気象庁のCバンドレーダによる10分間ごとの観測値を単純算術平均し1時間雨量に変換したものを与えて、降雨流出計算を行った。降雨流出計算には吉見・山田²⁾³⁾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。

降雨流出モデルに用いたパラメータは、令和元年東日本台風を対象に、八斗島地点の実測水位に合うように決定した⁴⁾。

本モデルの基礎式を(1)～(3)に示す。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} :流出成分発生値の閾値[mm]、



図-1 対象流域の概要

r_{nm} : 斜面流出に寄与する雨量[mm/h]、 V_n : 鉛直浸透量[mm/h]、 α_{nm} 、 β_{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。

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

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

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

(3) 河道計算の概要

河道計算はMIKE11を用いて一次元不定流計算を行った。ここでは、降雨流出計算の結果を境界条件としてサブ流域の河道上流端に与えることで、下流端までの一連の流出計算を行っている。さらに、本研究における河道計算では流域内のダムが全て存在する場合の試算(以下、「ダムあり試算」という)と、存在しない場合を仮定した試算(以下、「ダムなし試算」という)を行った。ダムあり試算ではダムの実測放流量を用い、ダムなし試

キーワード 利根川上流域、降雨流出解析、流入時刻、河川水位、令和元年東日本台風

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 TEL : 03-3817-1805 E-mail : a17.74ck@g.chuo-u.ac.jp

算ではダムの実測流入量を用いてダムが存在しないものとした。

(4) 支川流量ハイドログラフの時間軸方向への移動

本研究では、4つの中流域において、実測降雨による計算に加えて、実測降雨に伴う流量ハイドログラフを時間軸方向に前後に1時間ずつ、最大で4時間まで平行移動させた場合の計6561パターンの計算を行い、図-1に示す利根川本川の基準点である八斗島地点における水位について検討した。

3. 結果

ダムなし試算の利根川八斗島地点における計算水位ハイドログラフを図-2に示す。計算水位ハイドログラフは水位、時刻においてピーク付近で幅が大きくなっている。さらに、この図に黒実線で示されている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、ピーク水位が最も低くなる場合(以下、「最良ケース」という)のピーク水位は4.34m、ピーク水位が最も高くなる場合(以下、「最悪ケース」という)のピーク水位は4.86mで氾濫危険水位を超えることがわかる。実測降雨を用いて計算したピーク水位は4.76mであり、最悪ケースにおけるピーク水位との差は0.10mとなった。このことから、実測降雨に伴う流量ハイドログラフは最悪ケースに近いパターンであったことがわかる。これに関して、最悪ケースの流入パターンは、利根川上流域北部(奥利根流域)における流量ハイドログラフの生起時間を早め、かつ、当該流域南部(烏川流域、神流川流域)における流量ハイドログラフの生起時間を遅くする場合であることが当該計算の結果より示された。

ダムあり試算の利根川八斗島地点における計算水位ハイドログラフを図-3に示す。最良ケースにおけるピーク水位は3.77m、最悪ケースにおけるピーク水位は4.17mであり、ダムなし試算との比較から、最悪ケースにおけるピーク水位が0.69m低下したことがわかる。

図-2および図-3におけるピーク付近の拡大図を図-4に示す。ダムなし試算における最良ケースよりも、ダムあり試算における実測降雨を用いた計算水位が低いことがわかる。このことから、利根川上流域において、流入時刻の違いが八斗島地点における水位に及ぼす影響よりも、ダム群による水位低下量が大きいことがわかる。

4. まとめと今後の展望

本研究では、利根川上流域を対象に支川流域の実測降雨に伴う流量ハイドログラフを時間軸方向に平行移動させ、このことが本川の基準点である八斗島地点の水位に与える影響を検証した。

今後は、流域内におけるダム群の放流操作を考慮した分析を行うことに加え、他の流域および豪雨事例についても分析・検討を進めていく。

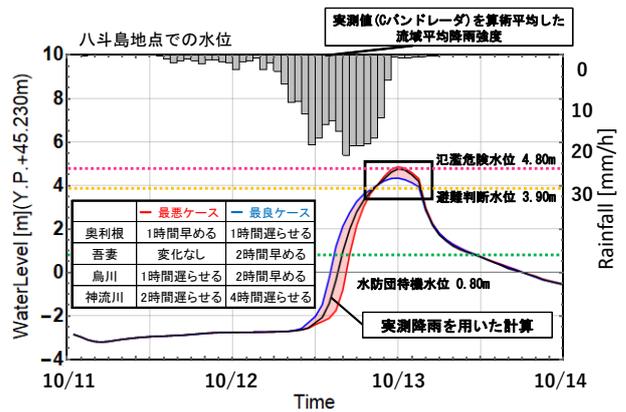


図-2 支川の流量ハイドログラフを平行移動させた場合の八斗島地点における水位ハイドログラフ(ダムなし)

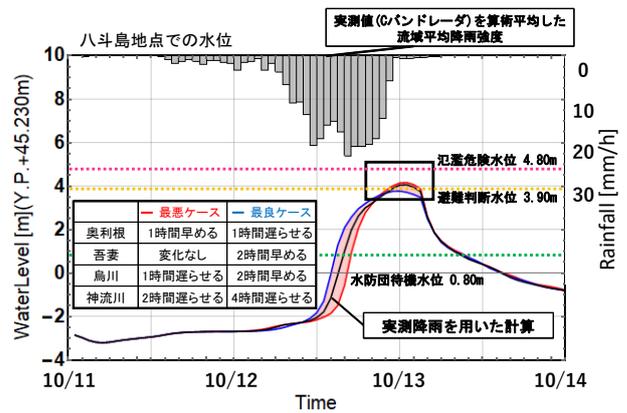


図-3 支川の流量ハイドログラフを平行移動させた場合の八斗島地点における水位ハイドログラフ(ダムあり)

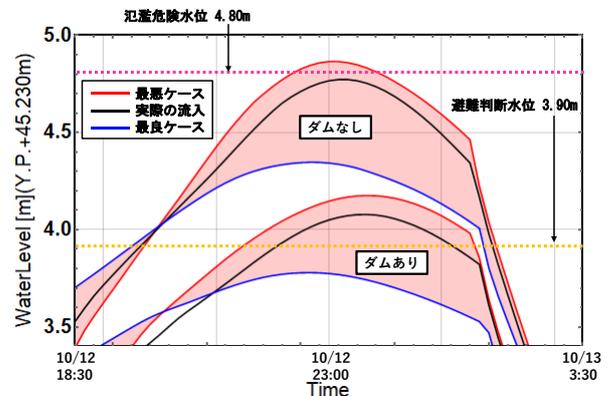


図-4 水位ハイドログラフのピーク付近の拡大図

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：利根川八斗島地点基本高水ピーク流量の検討に関する資料，平成23年9月，2011(入手 2021.1.18)。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 小山直紀，及川雄真，山田正：令和元年東日本台風における利根川上流域のダム群による治水効果の検討，土木学会論文集 B1(水工学)Vol.76，No.1，pp.233-242，2020。