

令和元年東日本台風における笹平川の ポンプとゲートの操作を組み込んだ内水氾濫解析

日本大学工学部	学生会員	○和泉	溪佑
日本大学工学部	正会員	朝岡	良浩
国立環境研究所	正会員	林	誠二
国立環境研究所	正会員	竹田	稔真

1. はじめに

2019年の10月に起きた令和元年東日本台風により阿武隈川流域の多くの地域で甚大な被害が発生した。須賀川市の笹平川流域も洪水による浸水被害を受けた地域の1つである。笹平川は一級河川の釈迦堂川に合流する準用河川で、洪水時は釈迦堂の水位によって合流部のゲートを閉鎖し、ポンプを用いて排水するが、流域からの流出量がポンプの排水能力を上回る場合、あるいは、安全確保のためポンプ稼働を停止する場合、内水氾濫が発生する。笹平川流域と釈迦堂川の概要を図-1に示す。

一般的に小河川の治水安全度は低く設定され、小河川の想定を上回る大規模洪水に対して浸水被害を評価する場合はゲートやポンプの操作を加味して洪水氾濫解析を行う必要がある。

本研究は、令和元年東日本台風において浸水被害が発生した阿武隈川水系の一級河川釈迦堂川の支流にあたる笹平川を対象として、洪水時のゲートやポンプの操作と水位観測データを組み込んだ洪水氾濫解析を適用して、内水氾濫の実態を明らかにした。



図-1 笹平川流域と釈迦堂川

2. 研究手法

洪水氾濫解析の対象領域は笹平川の下流域(0.416km²)とした。合流部付近および下流域の上流端には水位計がある。また、福島県河川流域総合情報システムから雨量のデータを取得した。

洪水氾濫解析は河川の一次元流れと氾濫域の二次元の流れを一体的にシミュレーションした。それぞれの流れの基礎式を以下に示す。

$$\text{河川の浅水方程式: } \frac{1}{gA} \times \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{Q}{gA^2} \times \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{Q^2}{gA^3} \times \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} - i + I_f = 0 \quad (1)$$

$$\text{氾濫域の連続の式: } \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = q_m \quad (2)$$

$$\text{氾濫域の浅水方程式}(x\text{方向}): \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(uM)}{\partial x} + \frac{\partial(vM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial(z_b + h)}{\partial x} - \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (3)$$

$$\text{氾濫域の浅水方程式}(y\text{方向}): \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(uN)}{\partial x} + \frac{\partial(vN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial(z_b + h)}{\partial y} - \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

ここで、 h :水深、 u , v : x , y 方向の流速、 $M(=uh)$ および $N(=vh)$: x および y 方向の流量フラックス、 q_m :河川からの量、 I_f :摩擦勾配、 i :水路勾配、 z_b :地盤の標高、 n :粗度係数、 g :重力加速度、 t :時間である。タイムステップ $dt=1$ 秒である。河川部の粗度係数は河川底面を 0.035、氾濫計算では地表面を 0.013 とした。上流端の境界条件は 2 地点の水位観測から算出した動水勾配に基づいて算出した断面平均流速と流量を設定した。また、下流端ではポンプ(4機

キーワード 越水、背水、浸水域、浅水流方程式、マニングの式

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1, TEL024-956-8732

表-1 笹平川の浸水量および釈迦堂川への越水量

数値実験の条件	浸水量(m ³)	越水量(m ³)
ポンプありゲートあり越流あり	143000	45600
ポンプなしゲートなし越流あり	197000	222000
ポンプなしゲートなし越流なし	204000	

で 44m³/分の排水性能)の稼働と釈迦堂川の水位に応じた合流部のゲート閉鎖を組み込み数値解析した。解析は表-1 に示す 3 通りの条件で実施した。また、合流部の水位計による水深と浸水実績を用いて解析結果を検証した。水深の検証には Nash-Sutcliffe 係数を用いた。

3. 結果および考察

合流部の水深の計算結果を図-2に示す。観測値と比較してポンプとゲートを組み込んだ計算値のNS係数は0.958と良好な精度が得られた。ポンプとゲートを扱わない場合は合流部の水深を過大に計算した。浸水域に関しては78%の一致率となり、部分的に過小推定するエリアがある(図-3)。

水位の観測値と計算結果より笹平川流域の浸水域の水面は一時的に釈迦堂川の堤防の高さを上回った。釈迦堂川の水位は堤防の高さを上回っていないため、釈迦堂川の堤内地から堤外地に向かい越流したことが示唆された。解析から得られた浸水量と越水量を表-1に示す。笹平川から越水した体積のうち約 24%が釈迦堂川の堤防を越水したと推計した。

4. まとめ

本研究は笹平川下流域を対象として合流部のゲートとポンプを加味した洪水氾解析を行い、内水氾濫の実態を明らかにした。ゲート閉鎖に伴い笹平川や浸水位が上昇し、釈迦堂川に越水し、ピーク時の水位が一定に保たれたと考えられる。以上より、小河川の浸水解析にはゲートとポンプを組み込む必要性が示された。

現在、笹平川流域では洪水対策の一環として上流域で田んぼダム²⁾の実証実験に取り組んでいる。本研究の解析手法を上流域の流出解析と組み合わせることによって田んぼダムの効果を下流の浸水域で評価することも期待できる。

謝辞

本研究は須賀川市と日本大学工学部との共同研究の下、国立研究開発法人国立環境研究所気候変動適応プログラム気候変動影響評価手法の高度化に関する研究プロジェクト(PJ-2-6)の支援により実施された。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 川池健司・井上和也・戸田圭一・坂井広正・相良亮輔（2002）：低平地河川流域における内水氾濫解析法とその寝屋川への適用，土木学会論文集，Vol. 46，pp. 367-372.
- 2) 吉川夏樹・有田博之・三沢眞一・宮津進（2011）：田んぼダムの公益的機能の評価と技術的可能性，水文・水資源学会誌，Vol. 24，No. 5，pp. 271-279.

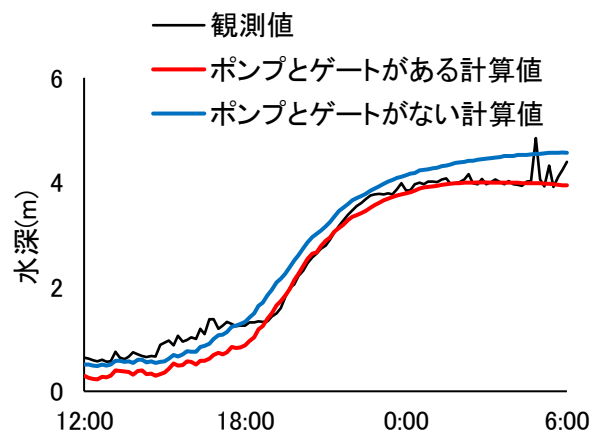


図-2 観測値と計算値の比較

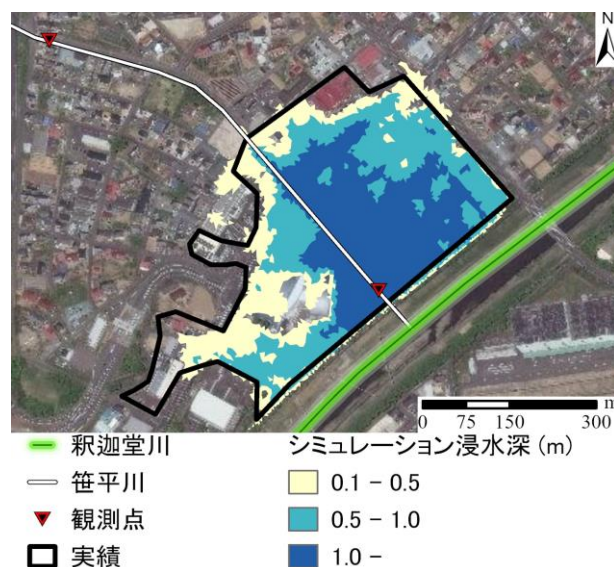


図-3 浸水深

(ポンプ、ゲート、越水を扱った計算)