

複数のため池の貯留効果を考慮した市街地の流出特性に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○水野僚
 名古屋工業大学 正会員 庄建治朗
 名古屋工業大学 学生会員 濱島瞳弥

1. はじめに

近年、我が国では予測の難しい局地的集中豪雨の発現頻度が増加している。特に都市域においては、資産の集中により水害時の被害は甚大なものとなっており、水害対策が重要となっている。しかし、土地利用の高度化により新たな河川管理施設の整備や大規模な河川改修は用地取得の観点から困難である。そこで、既存施設の洪水低減効果を最大限引き出すことが求められるが、そのためには降雨に対する流出の挙動を正確に把握する必要がある。

これらの背景から、本研究では名古屋市緑区のため池を対象とした流出解析を実施する。ため池の流出解析に関連した既往研究は単一のため池を対象としたものが多いが、本研究の対象は、市街地の狭い範囲で3つのため池が連結している。これにより、最下流のため池への降雨の流入過程は非常に複雑なものとなっている。以上のことから複数のため池の貯留効果を考慮したため池流入量の予測を目的とする。

2. 研究対象及び研究方法

(1) 対象

対象地は、名古屋市緑区の藤川中流に位置する鳴子池、戸笠池、螺貝池とする。鳴子池が最下流側に位置し、戸笠池と螺貝池が並列して鳴子池に接続されている。図1にため池所在地と位置関係を示す。これらのため池は緑区により、1分毎に水位が記録されており、ため池の流入量及び流出量の算出が可能となっている。

(2) 研究方法

まず各ため池の流域を決定し、対象降雨を選定した後、各流域の1分ごとの平均降雨強度を求める。上流側ため池に当たる戸笠池と螺貝池の水位データから流入量及び流出量を算定し、流域特性を把握する。鳴子池についても同様の方法で流出特性を把握し、上流側ため池の貯留効果を考慮し



図1. 鳴子池と戸笠池と螺貝池

た鳴子池の流出解析を行う。

(3) 観測方法

ため池水位については名古屋市が観測している1分毎の0.01m単位の水位データを用いる。

降雨強度は、国土交通省により運用されているXRAINレーダ雨量を用いる。XRAINレーダ雨量は250mメッシュ毎に1分間隔の降雨強度が取得できる。これより流域ごとの平均降雨強度を算出し、降水量を算出する。

(4) 流出量及び流入量の算定

戸笠池は流出堰と斜樋から、螺貝池は流出堰からそれぞれ流出しているため、流出量の算定にはため池の計画・設計に用いられる越流堰の公式及び斜樋の最大放流量を求める式を用いた。

$$Q_1 = C_1 B h^{3/2} \quad (1)$$

$$Q_2 = C_2 A \sqrt{2gH} \quad (2)$$

ここに、 Q_1 :越流堰流出量(m^3/s)、 C_1 :流量係数($m^{1/2}/s$) B :堰の幅(m)、 h :越流水深(m)、 Q_2 :斜樋放流量(m^3/s)、 C_2 :流量係数、 A :孔断面積(m^2)、 g :重力加速度(m/s^2)、 H :孔中心までの水深である。 C_1 は堰の末端で限界水深が生ずるとして1.7を採用した³⁾。 C_2 は通常0.62として扱われるためそれに従った。

流入量の算定には、ダムのゲート操作で用いられることのある仮想流入方式を用いた。

$$Q_{in} = \frac{V(h(t)) - V(h(t-T))}{T \times 60} + \frac{\sum_{i=0}^{T-1} Q_{out}(h(t-i))}{T} \quad (3)$$

ここに、 Q_{in} :ため池への流入量(m^3/s)、 Q_{out} :式(1)式(2)を用いて算定した流出量(m^3/s)、 V_h :有効貯水量(m^3)、 T :水位変化に要した時間(min)である。

(5) 流出モデル

本研究ではため池流入量の予測に、合理式のピーク流量を重ねて結合した合成合理式を用いる。合成合理式は数ある流出モデルの中でも簡易でありながら中小河川や下水道計画に広く採用されている。ため池実流入量に対する計算流入量の再現度はNash-Sutcliffe係数(NS値)により評価した。NS値は0.7以上で再現度が良好と判断される。

3. 流出特性の把握

(1) 流域決定

名古屋市東部では分流型下水道が採用されているため、雨水管路図と標高により各流域を決定した。流域面積は鳴子池が2192763 m^2 、戸笠池は635203 m^2 、螺貝池は429445 m^2 と

なった。

(2) 降雨について

2019年から2022年より、ため池の水位上昇が確認された計26降雨を抽出した。降雨継続時間は、降雨強度が0mm/hとなった場合または1mm/h以上の降雨が1時間以上確認されないことをもって区切った。

(3) 流達時間・流出係数

流達時間を都市下水道の設計の際に用いられる、流入量と流下時間の和と定義する方法で決定した。流入時間は各ため池流域について日本で一般に用いられている7分とし、流下時間は各ため池流域の最遠点からの管路延長と、想定する管路内流速を用いて算出した。

流出係数は、工種別基礎流出係数と流域内の土地利用から求めた総括流出係数として決定した。流達時間と流出係数の値を表1に示す。

4. ため池流入量予測

合成合理式を用いて、各ため池の流入量予測を行った。代表して、2021年7月21日降雨の鳴子池流域の結果を図2に示す。上流側ため池を考慮した場合は、鳴子池流域から戸笠池と螺貝池流域を除いた流域に合成合理式を適応させて算出したため池流入量に、戸笠池と螺貝池からの流出量を流出堰から鳴子池流入口までの流下時間を考慮して遅らせて合わせた。上流側ため池を考慮したことで、流入量を過大評価していた21日23時から22日2時までの期間で大幅な改善が見られた。さらに22日2時以降についても、戸笠池及び螺貝池から遅れて到達する雨水が表現されている。以上のことから、上流側ため池の貯留効果を考慮するこ

表 1. 流達時間と流出係数

	流達時間	流出係数
鳴子池流域全体	37分	0.722
戸笠池流域	20分	0.736
螺貝池流域	18分	0.732
上流側ため池流域を除いた鳴子池流域	22分	0.710

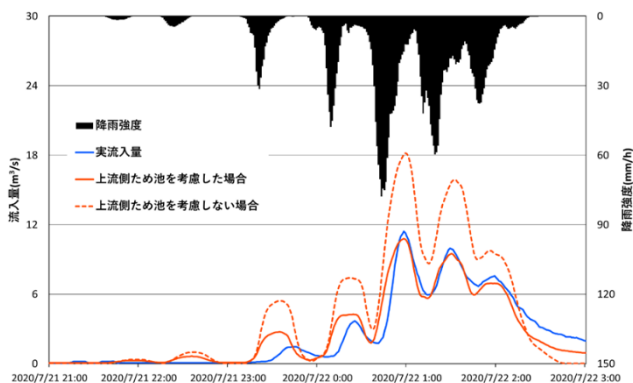


図 2. 上流側ため池を考慮する場合としない場合の計算結果 (2020年7月21日)

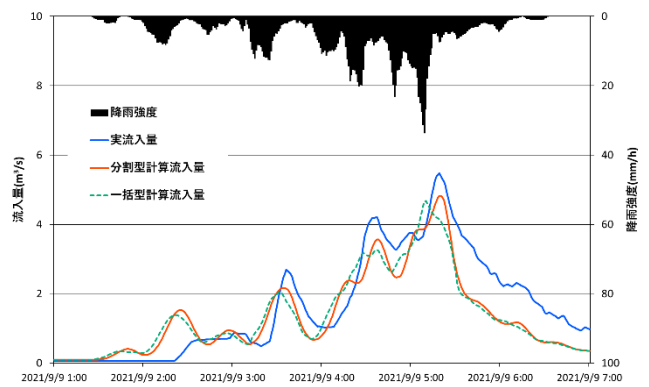


図 3. 一括型と分割型の計算結果 (2021年9月9日)

とで、鳴子池の計算流入量の再現性は向上したといえる。

本研究ではさらなる再現性の向上を目指して、降雨強度の時空間的な分布を細かく反映できるように、対象流域をXRAINの250mメッシュに合わせて分割し、各々の小流域毎の降雨から合成合理式による流出流量をため池までの流下時間でずらして重ね合わせるモデルを構築し、ため池流入量予測を行った。その結果3つのため池流域全てで、再現性が向上し、鳴子池流域の全降雨イベントのNS値の平均は、流域を分割したことで、0.58から0.64に上昇した。代表して、大きく改善した2021年9月9日の計算結果を図3に示す。特に実流入量と計算流入量のピーク時間のずれが改善され、他の降雨でも同様の傾向が見られた。再現性が向上した要因としては、降雨強度の時空間分布を反映することができたと同時に、計算時間間隔が短縮され、短期間の降雨強度の変化にも対応できるようになったことが挙げられる。

鳴子池流域の最終的なNS値は0.64となり、良好と判断される0.7未満となった。しかし、合成合理式は他のモデルと比較して同定するパラメータの数が少ないこと、全ての降雨イベントで同一のパラメータを用いていることを考慮すると、ある程度再現性は保証されていると考える。

5. まとめ

複数の降雨イベントにおいて対象ため池流域の流入量予測を行い、上流側ため池の貯留効果が流入量予測に与える影響について調査した。今後さらに再現度を改善する場合は流域内の流出機構を詳細に追跡できる分布型モデルにより、予測精度の向上を図る必要がある。

参考文献

- 1) 濱島瞳弥:ため池を用いた都市小流域における流出特性に関する研究、名古屋工業大学卒業論文、2022
- 2) 土木学会:水理公式集、2018
- 3) 加藤敬:農業用ため池の洪水低減機能に関する水文・水理学的研究、農業工学研究所報告、44号、pp.1-22、農林水産省農業工学研究所、2005