

## 貯留関数式のパラメーター特性に関する鏡川流域における考察

明星大学理工学部 学生会員 ○鈴木 勝好  
東京工業大学大学院 正会員 井芹 慶彦

明星大学理工学部 正会員 藤村 和正  
高知工業高等専門学校 正会員 岡田 将治

## 1. はじめに

近年、各地で豪雨災害が頻発している。平成 26 年 8 月には台風 12 号の影響により、高知県内の多数の市町村で避難勧告、避難指示が出され、高知市内を流れる鏡川は氾濫寸前の状態となった。将来、地球温暖化の進行により極端現象が増加することが IPCC により報告されている<sup>1)</sup>。従って、豪雨に対する洪水防御対策を十分に行い、災害リスクを減少させることは、今日的にも将来的にも極めて重要である。治水計画の策定や適切なダム操作のためには、流域の降雨-流出過程を正しく捉えて、精度良く流出量を計算できることが条件と言える。現在、国内の河川現場では、洪水流出解析に貯留関数式が基礎式として広く用いられている。しかし、貯留関数式は出水毎にパラメーターの最適値が異なり、その設定が困難なため、過去の出水をもとに経験値が採用されることが多い。しかし、最適なパラメーターを得るためには、パラメーター特性を知る必要がある。そこで本研究では、高知県の鏡川流域を対象として貯留関数式を用いた洪水流出解析を繰り返し、2つのパラメーター、指数  $p$  と係数  $k$  の最適な組み合わせを探索し、貯留関数式のパラメーターの特性について考察することを目的とする。

## 2. 対象流域とデータ

鏡川は四国山地の工石山 (1,176 m) から南流して高知市中心を流れて浦戸湾岸に注ぐ、流路長 31 km、流域面積 170.0 km<sup>2</sup> の 2 級河川である。解析の対象とする流域は、図 1 に示す鏡ダム地点までの流域 (81.4 km<sup>2</sup>) 及び計画基準点が設定されている宗安寺地点までの流域 (147.3 km<sup>2</sup>) とする。解析に用いた水文データは、高知県 Web サイト「こうち防災」から、2013 年 8 月～2015 年 10 月の約 2 年間を対象期間として、流域内 7 地点の雨量データ及び鏡ダム流入量データを入手した。また、宗安寺地点の水位



図1 鏡川流域の概要図

データも入手し、水位流量表から流量に変換した。対象洪水は、期間内で規模の大きい 6 洪水を選定した。洪水流出解析は、2 流域 6 洪水の合計 12 洪水を対象として行う。

## 3. 解析方法

一般に直接流出量の分離方法は、勾配急変点法と水平分離法がある。しかし、勾配急変点法はハイドログラフで折曲点の判別が難しい場合があり、また、水平分離法は減水が長引くハイドログラフには適さない。そこで、本研究では、片対数グラフにおいてハイドログラフの裾を目視で定め、ハイドログラフの立ち上がり点と直線で結ぶことにより、直接流出と基底流出を分離する。

有効降雨量の算定のため、流域を 100 m グリッドに分割し、グリッド点で逆距離加重法により降水量を推定する。そして Diskin-Nazimov の雨水浸透モデルにより浸透能計算を行い、有効降雨量と浸透量を分離する。グリッド点の有効降雨量を流域内で平均化し、貯留関数式の貯留量への入力値とする。なお、有効降雨量は直接流出量とほぼ等しくなるように、浸透モデルのパラメーターの初期浸透能、終期浸透能、表層水分貯留量の最大値を洪水毎に設定する。

流出量計算には、次に示す貯留関数式を用いる。

$$S = kQ^p \quad \cdots (1)$$

キーワード 貯留関数式 最適パラメーター 直接流出量 有効降雨量 鏡川流域

連絡先 〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部 TEL. 042-591-5111

ここに、 $S$ : 貯留量、 $Q$ : 流出量、 $p$ : 指数、 $k$ : 係数。  
 (1)式の貯留関数式には 2 つのパラメーター、指数  $p$  と係数  $k$  が含まれている。このパラメーターは洪水毎に異なる値と見なされてきた。経験値として指数  $p$  は 0.6 が用いられることが多く、係数  $k$  は試行錯誤で決定される。本研究では、最適な指数  $p$  と係数  $k$  の組み合わせを探索するため、それぞれ  $p$  と  $k$  の探索範囲を定め、2重ループ構造の解析プログラムによりパラメーターを変化させて、流出計算を繰り返す。本研究では、一つの洪水の最適パラメーターを求めるため 800 回の流出解析を行った。解析結果は、次式に示す Nash- Sutcliffe 式により評価した。

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (qo_i - qc_i)^2}{\sum_{i=1}^N (qo_i - qm)^2} \dots (2)$$

ここに、 $qo_i$ :  $i$  番目の実測流出高、 $qc_i$ :  $i$  番目の計算流出高、 $qm$ : 実測流出高の平均値、 $N$ : データ個数。

4. 解析結果と考察

解析結果の一例として、対象洪水の中で洪水規模が最も大きい 2014 年 8 月の高知豪雨の鏡川宗安寺地点の解析ハイドログラフを図 2 に示す。計算値は実測値をほぼ再現し、Nash 指数値は 0.969 と高い値を得た。他の洪水でもほぼ同様の結果であった(表 1)。次に、指数  $p$  と係数  $k$  を両対数グラフにプロットし近似式で表した(図 3)。相関係数の二乗は鏡川宗安寺地点では 0.735、鏡ダム流域では 0.940 であり、両者とも 0.7 以上となり、指数  $p$  と係数  $k$  は指数関数の関係にあることが示唆されている。

5. おわりに

本研究では、鏡川流域において近年の洪水を対象に流出解析を行い、貯留関数式の 2 つのパラメーターの最適値を広範囲に探索したところ、2 つのパラメーターは指数関数として表現できる可能性を示した。これは貯留関数式を低水流出に適用した場合<sup>2)</sup>と同様の結果とも言える。まだ、一つの河川流域におけるパラメーターの検討であるため、今後は複数流域で検証する必要があると考えている。

謝辞

本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金基盤研究(C)(一般)(15K06241)の支援により実施された。ここに記して謝意を表する。

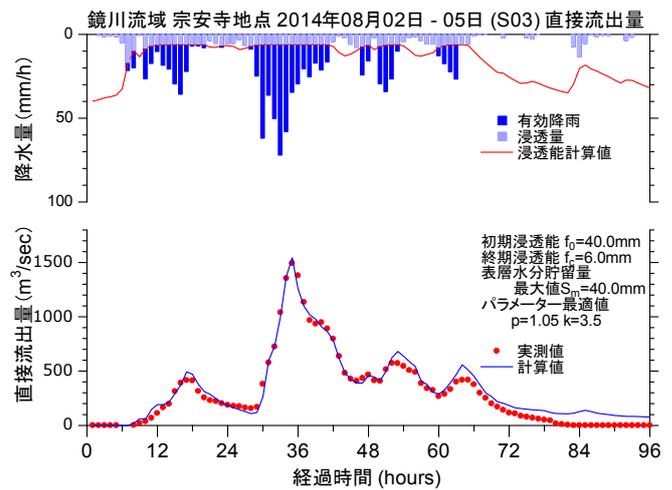


図2 解析ハイドログラフの一例

表 1 宗安寺地点の解析結果

No.	年月日	総雨量 (mm)	ピーク流量(m³/s)		最適パラメーター		Nash 指数
			計算値	実測値	指数 $p$	係数 $k$	
S01	2013.9.3-9.6	247	440	440	0.85	8.0	0.993
S02	2013.10.24-10.27	330	477	508	0.90	11.5	0.978
S03	2014.8.2-8.5	1,031	1,569	1493	1.05	3.5	0.969
S04	2014.8.9-8.11	308	835	846	0.60	13.5	0.983
S05	2014.10.12-10.15	273	685	739	0.80	7.5	0.983
S06	2015.7.21-7.23	192	381	365	1.30	3.5	0.984

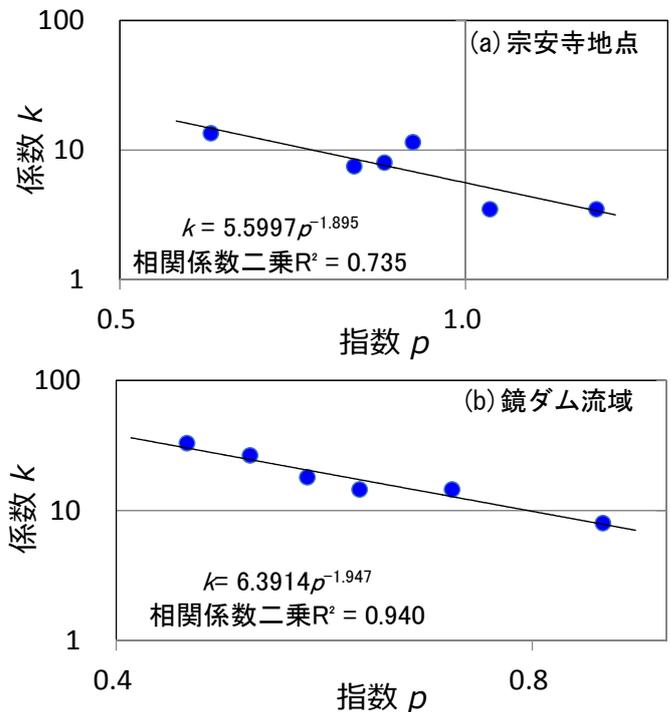


図3 指数  $p$  と係数  $k$  の相関関係

参考文献

- 1) 環境省: IPCC 第 5 次評価報告書の概要-第 1 作業部会(自然科学的根拠)-、pp.47-48、2014.
- 2) 藤村和正・井芹慶彦・鼎信次郎・村上雅博: 低水流出に適用する貯留関数式の定数の特性、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.71, No.4, pp.361-366、2015.