

## 都市流域における雨水の移流・貯留特性について

名古屋大学工学部 松林 宇一郎

名古屋市下水道局 今井 鎮

## 1. まえがき

都市流域における流出解析法の1つであるRRL法は、流出現象を移流的現象と貯留的現象の2つのステップに分け、前者では等到達時間域を基にした集中面積図を単位図として流入ハイドログラフを求め、後者ではそれを貯留関数  $S = kQ^p$  によって変換し流出ハイドログラフを求める。RRL法の最大の特長はモデルのパラメータの同定に際し雨量・流量の実測値を必ずしも必要とせず、地形・下水道・土地利用等都市計画上の基本的資料で十分である点である。著者らはこの手法をより有用なものとするため、パラメータの推定法・物理的意味等について検討してきた。本報告は前報の単一斜面の解析をより複雑な流域に拡張したものである。

## 2. モデル流域の設定及び流出ハイドログラフ

RRL法の物理性の検討の為に流域内の雨水の挙動が完全に判っている必要があるが、実測ではそれは不可能である。そこで流域の斜面・下水道網・勾配・粗度特性等をあらかじめ与えた仮想的流域を想定し矩形の降雨条件のもとで流出現象をKinematic Wave法により計算し、それを良く再現するRRL法のパラメータを検討する。

流域の構成にあたってはK.W.法の計算量を少なくするためHortonの地形則を援用した。すなわち下水管に両側から流入する斜面(長さ25m、勾配0.01、粗度0.10)を一樣とし、面積比  $R_A = 4$ 、流長比  $R_L = 2$ 、勾配比  $R_S = 2$  となる様な流域を想定した。図-1に概念図を、表-1に流域の諸元を示す。

## 3. 集中面積図

集中面積図の作成に際しては、斜面からの流入時間をK.W.法の解より8分とし、下水管での流下を満管流速で考えた。なおRRL法では到達時間に流入時

間を考慮していないが、今回想定した流域が比較的小さく、斜面の効果が無視しえないため考慮した。

4. 遅れ時間短縮率  $\lambda$ 、 $k$ 、 $p$  の効果

前報ではRRL法の  $S-Q$  関係を最も1価に近くする到達時間は実際の値より小さい事を指摘した。そこでここでは集中面積図の時間を  $\lambda$  倍・縦距を  $1/\lambda$  倍し単位図を変形させる遅れ時間短縮率  $\lambda$  を導入する。そして、この  $\lambda$  と貯留関数の  $k$ 、 $p$  が流出ハイドログラフにどんな影響を与えるか、また最も良く実測値を再現する  $\lambda$ 、 $k$ 、 $p$  はどんなものであるかを考察する。

i)  $S-Q$  関係に及ぼす  $\lambda$  の影響

図-2は例として3次流域に対して短縮された集中面積図と実測流量から求めた  $S-Q$  関係である。図で  $\lambda$  が小さい (ex.  $\lambda=0.2$ ) 場合は移流による効果を十分考慮できていないため、 $S-Q$  関係は立上り部と低減部で大きなループを描く。 $\lambda$  を大きくしていくとその開きは小さくなるが、 $\lambda=1$  すなわち満管流速による移流を考慮した場合には  $S-Q$  関係の1価性はかえって弱くなる。これは  $S-Q$  関係による変換によってある程度の遅れが生じ、 $\lambda=1$  の場合には遅れを過大評価することになるためと考えられる。最適な  $\lambda$  は両者の中間に存在する。また、いずれの  $\lambda$  の場合にも低減部は似た曲線上をたどり最適値の  $S-Q$  関係もほぼこれに一致している。

ii) 流出ハイドログラフに及ぼす  $\lambda$  の影響

図-3a) は  $\lambda$  のみを変えた例を示してある。これから  $\lambda$  を変えると流出ハイドログラフは、形をあまり変えずに時間軸方向に移動することが分る。

iii) 流出ハイドログラフに及ぼす  $k$ 、 $p$  の影響

図-3b) c) はそれぞれ、 $k$ 、 $p$  のみを変化させた場合のハイドログラフを比較している。これを見ると両者の影響の仕方は共に似ていることが判る。すなわちハイドログラフの立上り部の勾配、低減部の勾配

が変化している。ただし、その効果は $k$ 、 $p$ で逆であり、 $k$ が大きくなると、立上り・低減の勾配はゆるくなり、 $p$ が大きくなると勾配はきつくなる。このため $k$ 、 $p$ については一概に最適値を求めることができず幾組かの $k$ 、 $p$ によって同程度の結果が得られることになる。

#### iv) 流域の次数と最適パラメータ

流域が1次～4次へと大きくなるにつれて、遅れ時間の短縮率 $\lambda$ は前報の斜面のみの場合で $\lambda=0.3$ 、今回の2次流域で $\lambda=0.4\sim 0.5$ 、3次で $\lambda=0.5$ 、4次で $\lambda=0.5\sim 0.6$ という値が得られ平均的には0.5程度であるが、流域とともに大きくなる傾向がみられる。

$k$ 、 $p$ については、斜面・下水管等の流量と流水断

表-1 流域の諸元

| 次数 | $A_i/A_1$ | $I_i$  | $D_i$ | $L_i$ |
|----|-----------|--------|-------|-------|
| 1  | 1         | 0.005  | 0.3   | 100   |
| 2  | 6         | 0.0025 | 0.7   | 200   |
| 3  | 28        | 0.0017 | 1.35  | 400   |
| 4  | 120       | 0.001  | 2.4   | 800   |

$A_i$ : 流域面積 ( $A_1=5000\text{m}^2$ ),  $I_i$ : 勾配

$D_i$ : 管径 m  $L_i$ : 河道長 m

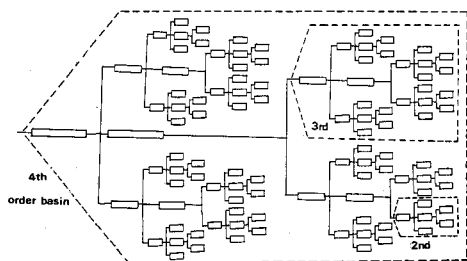


図-1 流域の概念図

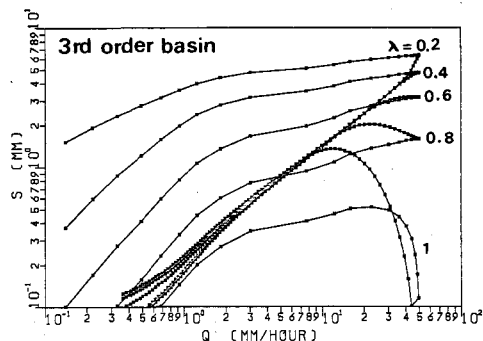


図-2 S-Q関係に及ぼす $\lambda$ の影響

面積の関係から類推すると、 $p$ は流出場の形状(斜面管路、矩形水路etc.)に依存すると考えられる。すなわち流れの特性が主に斜面の影響を受ける場合には $p=0.6$ 、下水道や排水路の影響が卓越する場合には $p=0.7$ 程度になると考えられる。一方、 $k$ は勾配や粗度係数の関数と考えられる。今回の結果をこうした観点から見てみると、 $k$ 、 $p$ が一意に決らないというものの、 $p$ については2次流域で $p=0.6$ 、3・4次流域で $p=0.7$ 程度であり上述の傾向が認められる。

#### 5. あとがき

以上の結果は必ずしも従来のRRL法の取り扱いの妥当性を肯定するものではない。ただ今回基礎にしたデータが本当の実測値ではないこと、流域を人為的に構成したこと等問題点もあり、今後は実測値を用いた検討も必要である。

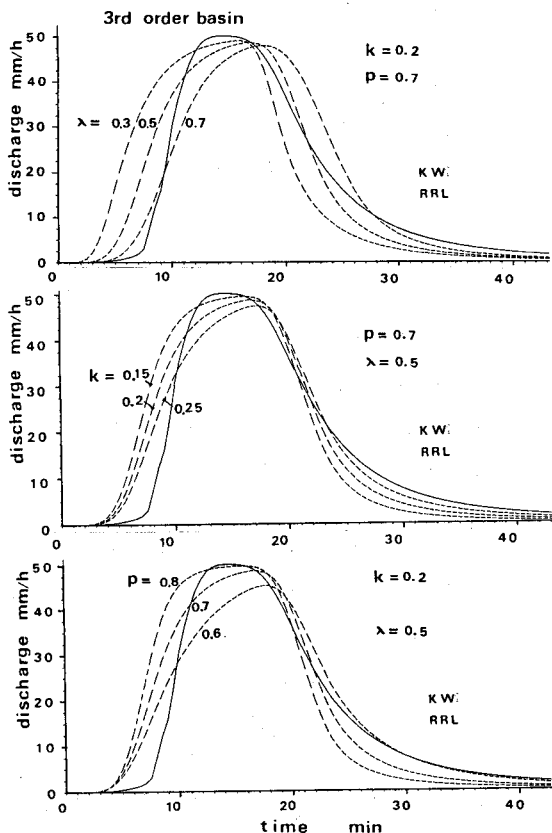


図-3 流出ハイドログラフに及ぼす $\lambda$ 、 $k$ 、 $p$ の影響  
a)  $\lambda$ 、b)  $k$ 、c)  $p$