

## 流域とハイエトグラフの特性を考慮した洪水流量の逓減特性 ～千曲川流域の場合～

信州大学大学院 学生会員 ○春日井 敬介  
信州大学工学部 正会員 寒川 典昭  
元信州大学大学院 正会員 草刈 智一

### 1. はじめに

洪水時の河川流量の逓減特性は、その河川流量が観測されている流域の特性を反映していると言われている。そこで、本研究は千曲川流域の特性と河川流量の逓減特性との関連性を検討した。

対象は千曲川流域であり、それを水位観測所毎に小流域に分けた。対象となる水位観測所は、立ヶ花、陸郷、熊倉、杭瀬下、生田である。ここでは、1984年1月1日から2015年12月31日までのデータを用いる。流量の逓減式は指数逓減曲線とした。曲線逓減で実測流量の逓減を説明するのに不十分な場合は他の逓減曲線、例えばホートンの式、級数による逓減曲線を試さなければならないが、千曲川流域の洪水逓減はほぼ指数関数曲線で良く合致していたので、ここではこの曲線のみを採用している。

流域特性としては、田、畑、宅地面積等に主成分分析等を行い、その結果の変遷に伴う流量逓減曲線の変化を考察する。更に、ハイエトグラフの形状が流量逓減特性に影響すると考えられるため、ハイエトグラフの諸特性と流量逓減曲線との関係も検討する。尚、河川流量の逓減特性に関して、従来いくつかの研究がなされている。<sup>1), 2), 3)</sup>しかし、これらの研究は時間軸を day にとっており、主として地下水流出の逓減を見ているが、本研究では時間軸を hr にとって表面流出、中間流出及び地下水流出の合わせた全流出の逓減特性を把握している。更に、従来の研究では河川流量の逓減に及ぼす主たる要因である流域特性、及びハイエトグラフの特性について何も触れていないが、本研究はこれらについて詳細に考察すると共に、指数逓減曲線が持つ流域固有の定数の時系列的変化を把握している。上記4点が本研究の主な特徴である。

### 2. 研究手順

対象洪水は、各流域内の水位観測所毎に1時間毎の流量の平均値を求め、氾濫注意水位相当の流量以上のものをピックアップした。

洪水時のハイエトグラフの逓減部分を最小二乗法によって(1)に示される指数逓減曲線に近似し、流域固有の定数を得た。

$$Q(t) = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

ここで、 $Q(t)$ : 流量,  $Q_0$ : ピーク時の流量  
 $\alpha$ : 流域固有の定数,  $t$ : 時間

次に、流域特性、ハイエトグラフの特性と得られた $\alpha$ との相関係数を求めた。流域特性としては、田、畑、宅地、池沼、原野の各面積を取り上げるほか、主成分分析により得られた結果についても検討した。ハイエトグラフの特性として、全降水量 ( $R$ )、ハイエトグラフの始まりから降水ピーク時までの降水量 ( $R_1$ )、降水ピーク時以降からハイエトグラフ終了時までの降水量 ( $R_2$ )、ハイエトグラフの始まりから降水ピーク時までの時間 ( $t_1$ )、降水ピーク時からハイエトグラフ終了時までの時間 ( $t_2$ )、降水継続時間 ( $T$ )、降水継続時間内の平均降水量 ( $r_{ave}$ )、時間最大降水量 ( $r_{max}$ )、 $\omega=R_2/R_1$ 、 $\kappa=t_2/t_1$ を取り上げた。又、遅れ時間を考慮した。

### 3. 結果及び考察

千曲川流域での洪水発生数は、5つの小流域を合計すると、89回であった。流域毎の流域特性やハイエトグラフと流域固有の定数との相関係数を次に示す。但し、累積寄与率が95%以上の主成分を採用した。

表一 各主成分と流域固有の定数との相関係数

|       | 立ヶ花    | 陸郷     | 熊倉     |
|-------|--------|--------|--------|
| 第1主成分 | -0.170 | -0.341 | -0.605 |
| 第2主成分 | -0.071 | —      | —      |

表—1 (続き)

|       | 杭瀬下    | 生田     |
|-------|--------|--------|
| 第1主成分 | 0.242  | -0.331 |
| 第2主成分 | -0.283 | 0.549  |

表—2 流域特性と流域固有の定数との相関係数

|    | 立ヶ花    | 陸郷     | 熊倉     |
|----|--------|--------|--------|
| 田  | -0.205 | -0.362 | -0.647 |
| 畑  | -0.192 | -0.364 | -0.642 |
| 宅地 | 0.145  | 0.324  | 0.469  |
| 池沼 | -0.080 | -0.229 | -0.411 |
| 原野 | -0.133 | -0.385 | -0.610 |

表—2 (続き)

|    | 杭瀬下    | 生田     |
|----|--------|--------|
| 田  | 0.265  | -0.304 |
| 畑  | 0.221  | -0.304 |
| 宅地 | -0.271 | 0.334  |
| 池沼 | 0.084  | -0.654 |
| 原野 | 0.312  | -0.197 |

表—3 ハイエットグラフの特性と  
流域固有の定数との相関係数

|           | 立ヶ花    | 陸郷     | 熊倉     |
|-----------|--------|--------|--------|
| R         | 0.189  | 0.046  | 0.751  |
| R1        | 0.406  | 0.358  | 0.169  |
| R2        | -0.146 | -0.355 | 0.607  |
| t1        | 0.132  | 0.023  | -0.315 |
| t2        | -0.219 | -0.450 | 0.514  |
| T         | -0.074 | -0.318 | 0.280  |
| $r_{ave}$ | 0.398  | 0.417  | 0.881  |
| $r_{max}$ | 0.533  | 0.522  | 0.324  |
| $\kappa$  | -0.218 | -0.373 | 0.548  |
| $\omega$  | -0.222 | -0.331 | 0.562  |

表—3 (続き)

|           | 杭瀬下    | 生田     |
|-----------|--------|--------|
| R         | 0.172  | -0.068 |
| R1        | 0.364  | 0.236  |
| R2        | -0.187 | -0.284 |
| t1        | 0.091  | -0.030 |
| t2        | -0.361 | -0.458 |
| T         | -0.195 | -0.410 |
| $r_{ave}$ | 0.564  | 0.494  |

表—3 (続き)

|           |        |        |
|-----------|--------|--------|
| $r_{max}$ | 0.570  | 0.630  |
| $\kappa$  | -0.324 | -0.243 |
| $\omega$  | -0.329 | -0.268 |

表—1 から、第1主成分は流域非開発度と見なされ、負の相関が多く見られる。同じく、表—2 から、田、畑、池沼及び原野で負の相関が見られる。一方、宅地の多くで正の相関となっている。これから、流域の都市化が河川流量の逓減に影響を与えていることが示される。つまり、流域の地下水涵養量の増減によって河川流量の逓減は大きく影響を受け、それが減少するほど河川流量の逓減が激しくなることを示している。表—3 から、 $r_{ave}$ と $r_{max}$ に高い正の相関が見られ、RやR<sub>1</sub>も比較的高い正の相関が示されている。このことから、ハイエットグラフが河川流量の洪水流量逓減に大きく影響を与えていることが分かり、特に、降り始めからピークまでの降雨量が大きく影響することが確認された。

#### 4. まとめ

河川洪水流量の逓減特性について、流域固有の定数と流域特性及びハイエットグラフの特性との関連を考察した。その結果、流域特性の面では、河川洪水流量の逓減特性は、流域の地下水涵養量に大きく影響を受け、ハイエットグラフの特性の面では、特定の降水量の指標に大きく影響を受けることが示された。

尚、本研究を行うにあたり、国土交通省北陸地方整備局千曲川河川事務所からデータ提供及びご助言をいただきました事を記し、厚く御礼申し上げます。

#### 〈参考文献〉

- 1) 四俵正俊：洪水流量逓減曲線の解釈，土木学会論文報告集，第245号，pp.59～64，1976年1月。
- 2) 吉川秀夫，砂田憲吾，グエン・リン・フン：洪水流量曲線の特性を考慮した流出モデルに関する研究，土木学会論文報告集，第383号，pp.23～32，1979年3月。
- 3) 寺島彰：河川流量の逓減特性について，信州大学工学部土木工学科卒業論文，pp.1～62，1982年2月。