

# フィルター分離 AR 法を用いた都市型河川 ( 栃木県田川 ) の流域特性の解析

宇都宮大学大学院工学研究科 正会員 長谷部 正彦  
 法政大学デザイン工学部 正会員 鈴木 善晴  
 株式会社ベストファーム 非会員 丹野 光康

表-1 本研究で新たに算定した田川流域の流域面積(各水位観測所ごとに上流側の流域面積を算定)

水位観測所	新たに算定した流域面積 (km <sup>2</sup> )	従来の流域面積 (km <sup>2</sup> )
桜橋(上流域)	84.4	80.6
東橋(中流域)	171.1	159.4
明治橋(下流域)	235.3	215

## 1. はじめに

都市型河川である栃木県田川流域に着目し、その流出特性を把握することを目的とする。特に、解析対象流域の流出率や貯留量、部分流出寄与率といった指標に着目し、各出水事例での挙動変化を把握することで、流出形態を分析する。また、解析対象である田川の流域面積が正確に算定されていない可能性を考慮し、同流域の流域界について新たに調査を行う。

## 2. 解析対象流域及び解析データの概要

### (1) 解析対象流域の概要

解析対象流域である田川は、栃木県日光市の七里地先を源流とし、鬼怒川に合流する一級河川である(流域面積 246 km<sup>2</sup>、流路延長 77.9 km)。この流域の土地利用において、市街地が 19.9 %、山地が 36.0 %であることから、都市流域と山地流域の混合流域である。同流域の概要図を図-1 に示す。

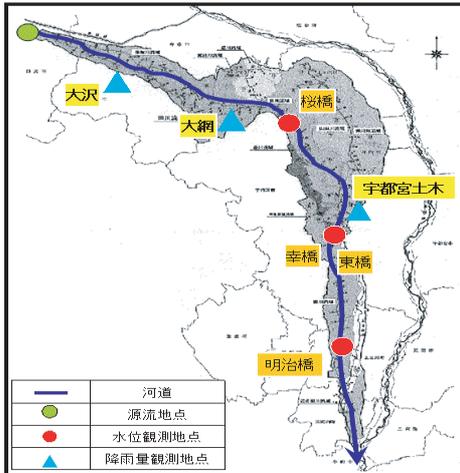


図-1 田川流域の概要と水位および降雨量の観測地点

### (2) 解析対象流域の流域界の見直し

ここでは、解析対象流域である田川の流域面積を新たに算出する。算出に当たっては落水線図を用いる。図を描きたい領域に対し、50 m メッシュの標高データを入力し、落水線図を作成する。作成された落水線図は標高の高い尾根と、標高の低い窪地に分けられる。ここで、標高の高い部分を結んで新たな流域界とする。表-1 に新たに算定した田川流域の流域面積を示す。表-1 を見るとおり、流域全体として増加していることがわかる。

以降の解析においては、ここで算出された新たな流域面積を用いることとする。

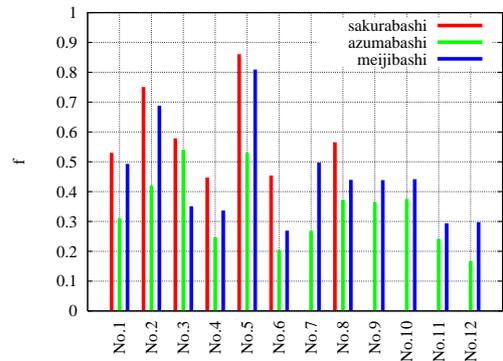


図-2 解析対象出水事例の流出率

### (3) 解析データの概要

流域内には、3 地点の水位観測所及び 3 地点の降雨観測所があり、前者については、上流域に桜橋観測所、中流域に幸橋または東橋観測所(年代によって異なる)、下流域には明治橋観測所が設置されている。また、本研究では、上流域においては大沢、大網雨量観測所で観測された雨量データを、中・下流域では、宇都宮土木雨量観測所で観測された雨量データを用い、2007 年、2008 年における計 12 ケースの出水事例を対象に解析を行った。

## 3. 流域特性の把握

### (1) 流出率に関する考察

まず、流出率について検討する。図-2 に解析対象出水事例時の流出率のグラフを示す。No.1 ~ No.6 が 2007 年のもの、No.7 ~ No.12 が 2008 年のものである。同図より、上流域における流出率が高いことがわかる。一般的に都市化されていない上流域は流出率が低くなるはずである。そこで、次節において流出率と貯留量の関係から、なぜ上流域の流出率が高くなったのかを検討する。

### (2) 貯留量に関する考察

次節を受け、貯留量について検討する。まず、本研究で定義する貯留量は流域にもともと貯留されてい

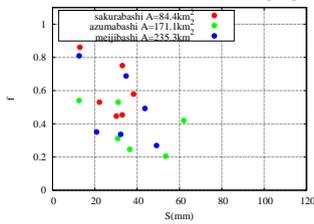


図-3 解析対象流域における年別の貯留量と流出率の関係

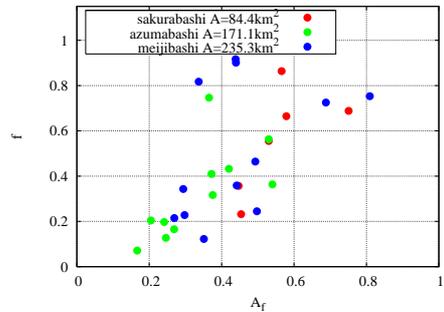
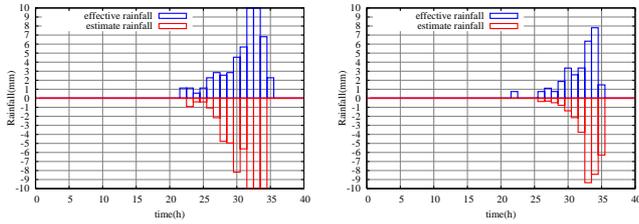


図-5 部分流出寄与率と流出率の関係



(a) 桜橋流域 (b) 東橋流域

図-4 フィルター分離 AR 法によって算出した逆推定降雨量の一例 (2008年5月19日)

るものは含めず、降雨後にその降雨がどれだけ貯留されたかを示す。図-3 に解析対象流域における貯留量と流出率の関係を示す。同図より、2つの関係は、減少関数を表している。流出率が高いときに貯留が少なく、流出率が低いときに貯留が多いことより、降雨前の土壌の湿潤度が影響していると考えられる。よって、上流域において流出率が高くなった原因として、流域にもともと貯留されている量が多くなったため、降雨が土壌に浸透できず、流出率が高くなったと考える。

4. フィルター分離 AR 法の概要

本研究では、詳細な流出の挙動を検討するため、フィルター分離 AR 法を導入し、解析を行う。ここでフィルター分離 AR 法とは、観測流量を表面中間流出成分及び地下水流出成分に分離し、かつ各流出成分に寄与する降雨量を自己回帰式により求める手法である。フィルター分離 AR 法の詳細については、参考文献<sup>2)</sup>を参照されたい。

一例として図-4 にフィルター分離 AR 法によって求めた逆推定降雨量と観測データから得られた実測有効降雨量を示す。同図上のグラフが実測有効降雨量時系列であり、下が逆推定降雨量時系列である。実測有効降雨量と逆推定降雨量が似た挙動を示したことから、本解析対象流域において、フィルター分離 AR 法を用いて算出した逆推定降雨量による再現性が高いと判断し、逆推定降雨量を部分流出寄与率の算出に用いることとする。

5. 部分流出寄与率に関する解析

次に、前項で求めた逆推定降雨量と実測有効降雨量から流出時の部分流出寄与率による検討を行う。ここで部分流出寄与率とは、表面中間流出成分に寄与する降雨量が河道に直接流出する量を流域寄与域の面積比として表したもので、式 (1) で算出される。

$$A_f(i) = \frac{a}{A} = \frac{\sum x_S}{\sum X_i - \sum x_G} \quad (1)$$

ここに、 $A_f(i)$ : 部分流出寄与率、 $a$ : 部分流域面積、 $A$ : 全流域面積、 $X_i$ : 実測降雨量、 $x_S$ : 逆推定した表

面中間流出成分に寄与する降雨量、 $x_G$ : 逆推定した地下水流出成分に寄与する降雨量とする。

図-5 に解析対象流域における部分流出寄与率と流出率の関係を示す。同図より、これらの関係の間にはふたつの挙動を示すことがわかる。ここで、流出率 0.8 付近のプロットのほとんどが強い降雨強度を示したことより、流出率が高くなると、降雨が流域全体に広がらず、流域の一部から大量に流出すると考えられる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、まず、解析対象流域の流域界の見直しと流域面積の算定を行った。算定結果によると、流域全体として増加するという結果になった。また、同流域の流域特性の検討を行うため、流出率、貯留量に着目し解析を行った。解析結果より、桜橋流域の流出率が最も高くなった。桜橋流域において、流出率が高くなる原因として、土壌の湿潤度の増加が挙げられる。降雨前の湿潤度が高いために、降雨が貯留されにくくなり、流出しやすい特性に変化したと考えられる。また、近年において、東橋、明治橋流域の貯留量が増加していたことより、東橋、明治橋流域において土壌の湿潤度が低下したのではないかと考える。更に、フィルター分離 AR 法を用いた逆推定降雨量の算出を行い、部分流出寄与率の解析を行った。部分流出寄与率と流出率の関係から、全流域においてわりと線形性を持つが、流出率が高くなると、部分流出寄与率が小さくなることが確認された。このときの出水事例の降雨強度を調べた結果、ほとんどの降雨強度が高い値を示した。これより、激しい降雨のときは、流域全面に広がらずに一部から流出してしまうことがわかった。

本解析での貯留量と流出率における考察はまだまだ予想の域なので、今後は、都市化によって各流域におけるもとの貯留量がどのように変化しているのか解析、検討していくことを課題とする。

参考文献

- 1) 藤野誠: 都市河川である田川流域の流出率、貯留量及び部分流出寄与率について、宇都宮大学工学部建設学科建設工学コース卒業論文、平成 20 年度。
- 2) 日野幹雄, 長谷部正彦: 水文流出解析 FORTRAN と BASIC による, 森北出版, 1985。
- 3) 栃木県公式ホームページ, 計画・主要事業・報告書, <http://www.pref.tochigi.lg.jp/system/honchou/honchou/kasen-menu01.html>