

都市河川である田川の流域特性と流出解析に関する研究

宇都宮大学大学院工学研究科 ○学生員 宮本 浩樹
宇都宮大学工学部 正会員 長谷部 正彦
宇都宮大学工学部 正会員 鈴木 善晴

1. はじめに

近年、流域内の整備による土地利用状態の変化、河道整備による河川の都市化が進行している。それに伴う流域内の土地利用状態の変化による土壌の被覆状況の変化は特に顕著であり、その影響は、流域の流出特性に変化を与えている。よって、河川環境を取り巻く外的要因に影響されて変化していると考えられる都市型河川の流出特性の把握は、流域の整備方針や防災計画に、非常に重要であると思われる。

そこで、本研究では、都市河川である田川流域に着目し、その流出特性を把握することを目的とする。特に、流域の流出率や貯留量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により、流出形態を分析する。また、都市型河川と山地河川の流出特性を比較することにより、流域整備による河川の都市化の影響を考察する。

2. 解析対象流域及び流量・降雨量データの概要

(1) 解析対象流域の概要

本研究における解析対象流域は流域面積 220.4km²、延長 78km である。表-1 に流域の土地利用状態を示す。解析対象流域は、市街地が 19.90km²、山地が 36.00km² であることから、都市流域と山地流域の混合流域であることがわかる。

表-1 流域内土地利用状態

土地利用	市街地	山地	水田	畑	計
面積 (km ²)	43.91	79.28	89.85	7.36	220.4
構成比率 (%)	19.90	36.00	40.80	3.30	100.0

(2) 流量・降雨量データの概要

本研究における流域特性の把握及び流出解析で利用した流量・降雨量データの概要について述べる。解析対象流域内には、2 地点の水位観測地点及び 3 箇所の降雨観測地点があり、各水位観測地点を上流域（桜橋流量観測地点）、上流域を含む下流域（東橋流量観測地点）とし、2 種類の流域から解析を行う。各水位観測地点がカバーする流域面積は、桜橋水位観測地点で 80.6km²、東橋水位観測地点で 159.4km² である。解析対象出水事例は、2004 年から 2006 年の 3 年間の計 14 出水事例とする。

3. 流域特性

対象流域の流域特性の把握を行う。流域特性について検討を行う指標は、流出率と流域貯留量の 2 種類とする。

まず、流出率について検討する。図-1 に桜橋水位観測地点及び東橋水位観測地点における各出水例時

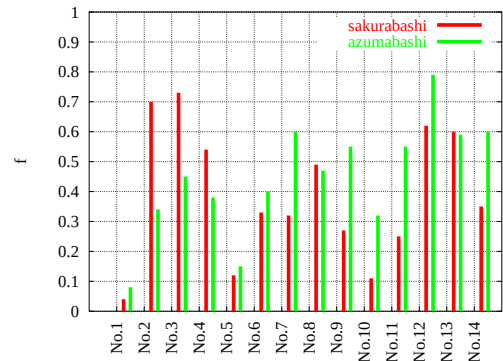
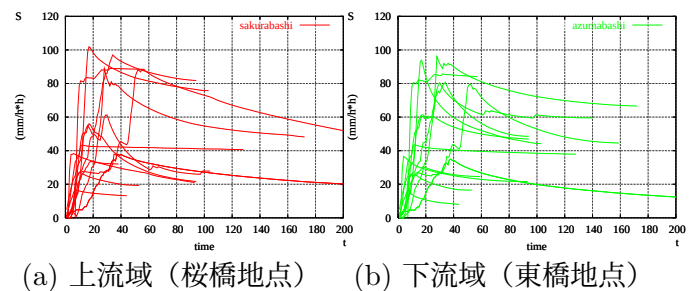


図-1 解析対象事例における流出率



(a) 上流域（桜橋地点） (b) 下流域（東橋地点）

図-2 貯留量の時系列推移

の流出率を示す。この図より、流域の流出率は一定値をとらず、値は 0.05 から 0.8 程度までを示し、ばらつきが大きいことがわかる。

次に、流域貯留量に関する検討を行う。図-2 に各流量観測地点における流域貯留量の時系列変化を示す。この図より、すべての出水事例で降雨継続時間が終了しても貯留量が残っていることがわかる。これを残存貯留量と定義する。また、上流域と下流域の貯留量を比較すると、その挙動及び水量はほぼ同様の变化を示している。ここで、下流域は上流域を内包しているため、流域貯留のほとんどが上流域に存在していると考えられる。これは、下流域に比べ、上流域のほうがより山地河川に近い土地利用状態となっているため、流域の貯留能力が卓越していると推察できる。

また、これら流出率と残存貯留量の関係を図-3 に示す。一般的な流域においては、流出率が減少すると貯留量が増える傾向にあると考えられる。本解析流域においてもそのような傾向が見られるものの、流出率-残存貯留量関係がばらついている。これは、出水事例の先行降雨や洪水直前時の流量の違いにより、土壌の乾湿程度に影響を与え、貯留量及び流出率の関係が変化しているものと考えられる。

Key Words: 流域貯留量, フィルター分離 AR 法, 都市河川

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028(689)6214 FAX.028(689)6213

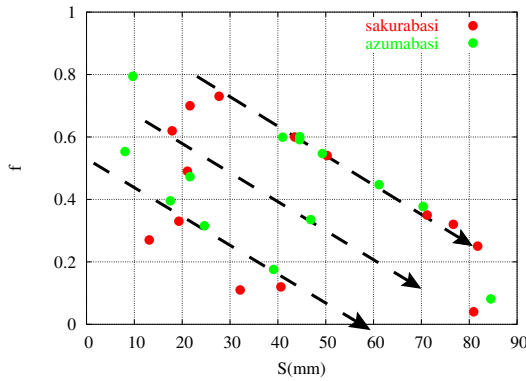


図-3 残存貯留量と流出率の関係

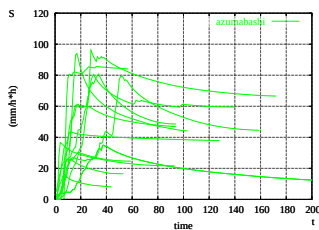


図-4 部分流出寄与率
下流域（東橋地点）

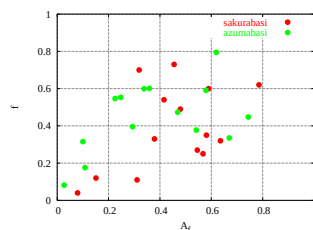


図-5 部分流出寄与率と流出率の関係

4. 流出解析

(1) 部分流出寄与率

本項では、逆推定降雨量と実測降雨量から流出時の部分流出寄与率による検討を行う。なお、逆推定降雨量の算出には、フィルター分離 AR 法を用いた¹⁾。ここで部分流出寄与率とは、表面中間流出成分降雨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とす。

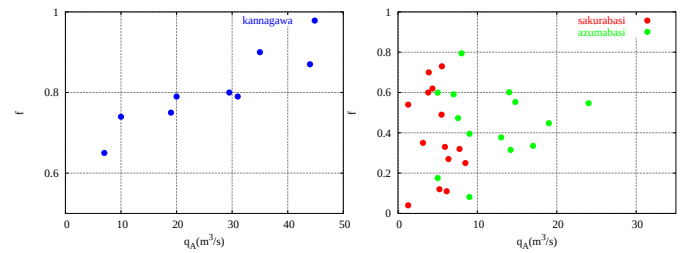
図-4に上下流域の部分流出寄与率を示す。この図より、流出の表面中間成分は、時系列とともに増加し、ある程度のタイムステップで一定値に収束していくことがわかる。また、その値が1にならないことから、本解析流域では、降雨が流域全体から河道に流出するのではなく、流域の特定部分から流出していることがわかった。

次に、それに伴い、部分流出寄与率と流出率の関係を図-5に示す。この図より、部分流出寄与率と流出率との間には、ばらつきはあるものの、線形的な増加傾向があることが確認される結果となった。

(2) 湿潤度指標としての洪水直前河川流量

次に、河川の湿潤度に着目し、流出解析を進める。流域においては、渇水状態が続いて土壌の湿潤度が低下すれば、河川流量のうち表面中間流出成分はほとんどなくなり、地下水流出成分も減少すると考えられる。また、長雨の場合には地下水水位が上昇し、その結果土壌の湿潤度が増加し、地下水流出・表面中間流出ともに増加すると考えられる。そこで、洪水直前の河川流量 q_A (以下初期流量とする) を流域土壌の湿潤度を代表する因子として捉え、流出との関係を検討する。

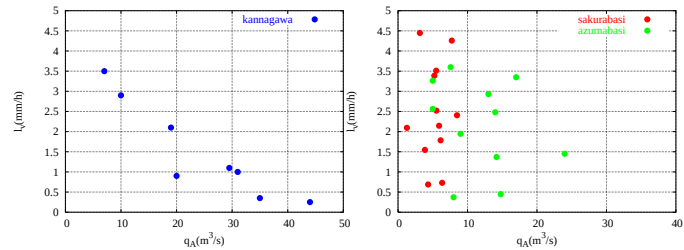
まず、流出率と初期流量の関係を考察する。図-6に流出率と初期流量の関係を示す。同図の左図は、日



(a) 神流川解析事結果

(b) 田川解析事結果

図-6 流出率と初期流量の関係



(a) 神流川解析事結果

(b) 田川解析事結果

図-7 降雨浸透速度と初期流量の関係

野らが1982に神流川流域を対象に解析を行った結果である²⁾。神流川流域は、流域面積 373.6 km^2 、流域全体が森林で覆われた山地河川である。同図左より、流出率と初期流量の関係には高い相関が見られることがわかる。ここで、同図右の田川流域での解析結果と比較すると、本解析では、流出率と初期流量の関係にあまり相関がないことがわかる。

次に、流域への降雨浸透速度と初期流量の関係を考察する。ここでは、第3章で検討を行った流域貯留量を降雨継続時間で除したものを降雨浸透速度として定義し、流域への降雨の浸透しやすさを示す指標として用いる。算出した降雨浸透速度と初期流量の関係を図-7に示す。同図左は日野らが1982に神流川流域を対象に解析を行った結果である²⁾。神流川流域の解析結果では、降雨浸透速度と初期流量の関係には初期流量が増加していくと指数関数的に損失速度が減少することが示された。しかし、同図右の田川流域解析結果では、降雨浸透速度と初期流量の間には明確な関係性を見ることができなかった。

5. まとめと今後の課題

本研究では、まず、流域の流出率及び貯留量に着目した流域特性の検討を行った。

更に、フィルター分離 AR 法を用いた流量及びそれに寄与する降雨量の推定を行い、残存貯留量と流出率及び部分流出寄与率との関係から流出解析を行った。

また、初期流量及び降雨浸透速度の観点から、都市型河川と山地河川の比較を行い、都市河川の特徴を考察した。両者の違いは、土地利用形態の違いであると考えられる。今後の課題としては、流出率の変化の原因を、降雨パターンの検討などの視点を加え、さらに水文学的に検討していく。

参考文献

- 1) 日野幹雄, 長谷部正彦: 水文流出解析, 森北出版株式会社, 1985
- 2) 日野幹雄, 長谷部正彦: 流出率と湿潤指標としての洪水直前流量, 土木学会論文報告集 第328号・1982年12月。