

山地・都市を含む混在型流域である田川流域の流出率及び部分流出寄与率について

宇都宮大学工学部
(株) オリエンタルコンサルタンツ
宇都宮大学大学院工学研究科
宇都宮大学大学院工学研究科

学生員 藤野 誠
正会員 宮本 浩樹
正会員 鈴木 善晴
正会員 長谷部 正彦

1. はじめに

山地・都市を含む混在型流域である田川流域を対象にフィルター分離AR法を用いて時間単位流量観測データから有効降雨量を推定し、観測有効降雨量との比較を行うことで同流域における流出機構の解析を行う。特に、流域の流出率や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比較することで流域整備による河川の都市化の影響を考察する。

2. 田川流域の概要

解析対象は、栃木県日光市の低山地をその源流とし、鬼怒川に合流する一級河川の田川とその流域である(流域面積 220.4km², 延長 78km)。同流域は市街地が約 19.9%, 山地が約 36.0% であるため、都市流域と山地流域の混合流域と言える。同流域の概略図を図-1 に示す。流域内には、4 箇所の水位観測地点及び 3 箇所の降雨観測地点があり、以下では各水位観測地点を基準に、上流域(桜橋流量観測地点の上流域)、中流域(幸橋および東橋流量観測地点の上流域)、下流域(明治橋流量観測地点の上流域)に区分し、1980年代の 17 出水事例および 2000年代の 14 出水事例の計 31 取水事例を対象に流出特性の解析を行った。



図-1 田川流域概略図

3. 田川の流域特性

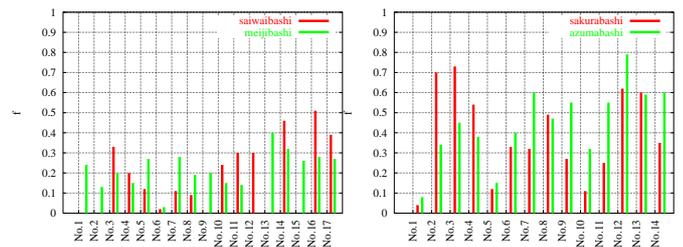
(1) 流出率

流出率について検討する。図-2 に出水事例ごとに各流域についての流出率を年代別に示す。同図より、田川流域の流出率は一定値をとらず、値は 0.05 から 0.8 程度まで変化し、ばらつきが大きいことがわかる。また、1980年代と 2000年代を比較すると、2000年代の流出率のほうが全体的に大きな値を示していることがわかる。これにより、同流域が都市化されるにつれ流出率が増加し、貯留性の低い流域へと変化している可能性が考えられる。一般的に山地河川では、日野¹⁾らの研究により流出率がほぼ 0.6 から 0.7 程度の一定値を取ることから、田川流域においては、複雑な流出形態を有していることがわかる。

(2) 流域貯留量

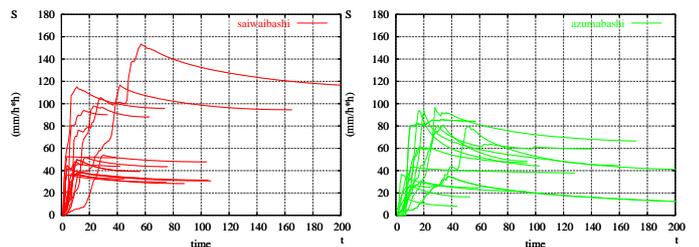
各出水時に流域に貯留される水量について検討を行う。降雨開始時から貯留量がゼロになるまでの時間の水量を流域貯留量とした。

図-3 に 1980年代および 2000年代の中流域における流域貯留量の時系列変化を示す。同図より、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ゼロとはならず残留していることがわかる。これを流域の残存貯留量と定義する。宮本⁴⁾の研究結果より



(1) 1980年代の流出率 (2) 2000年代の流出率

図-2 1980年代および2000年代の出水事例における田川各流域の流出率



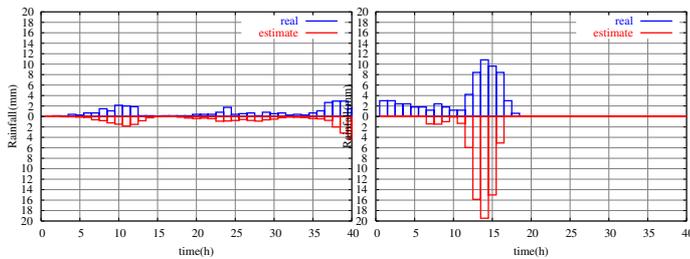
(a) 中流域(幸橋地点) (b) 中流域(東橋地点)
1980年代 2000年代

図-3 流域貯留量の時系列変化

2000年代の方が有効降雨が流出するタイムステップが長く、長時間に渡り貯留されていることがわかった。

4. フィルター分離AR法

より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



(a) 中流域(幸橋地点) (b) 中流域(東橋地点)
1988年9月24日 2006年6月15日

図-4 フィルター分離AR法により算出した逆推定有効降雨量(下側)と観測有効降雨量(上側)

分離AR法とは、流量からを表面中間流出成分及び地下水中間流出成分に分離し、かつ各流出成分に寄与する有効降雨を求める手法である。フィルター分離AR法の詳細については、日野・長谷部²⁾を参照されたい。

図-4にフィルター分離AR法を用いて、逆推定した逆推定降雨量の一例を示す。同図の上側に有効降雨量時系列(観測降雨量に流出率を乗じた降雨量)、下側に逆推定降雨量時系列を示す。尚、逆推定降雨量は3時間の移動平均を取り、総有効降雨量に対する誤差分をカットしている。同図より、逆推定降雨量のピーク値及び挙動は有効降雨を比較的精度よく再現していることがわかる。次に、先に推定された逆推定降雨を用いて部分流出寄与率に関する解析を行った。

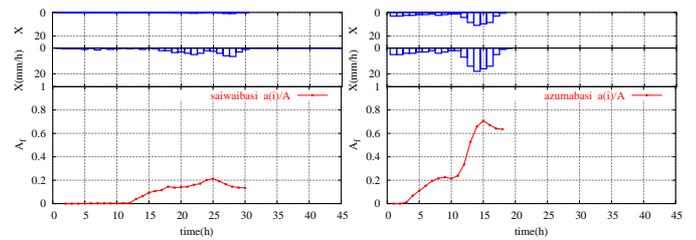
5. 部分流出寄与率

流出解析においては、一洪水に対して残存貯留量がゼロであるのが一般的であるが、本解析では、解析対象の全洪水に対して貯留量が残留する結果となった。そこで、逆推定降雨量と観測降雨量から流出時の部分流出寄与率を求め、その変化について検討を行った。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である³⁾。

図-5に中流域である幸橋流域と東橋流域の出水事例を対象に算出した部分流出寄与率と降雨量の関係を示す。同図より、流域の部分流出寄与率は時間とともに増加していることがわかる。また、降雨量の部分流出寄与率とピーク時間とはともにより一致を示している。

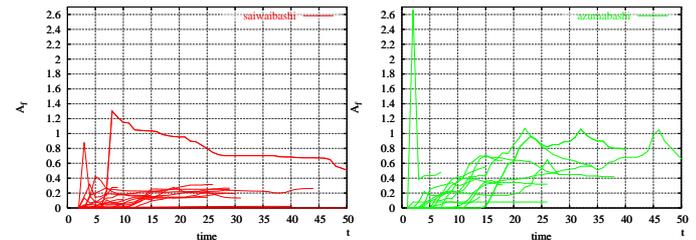
図-6に1980年代と2000年代の中流域における部分流出寄与率の時系列変化を示す。同図より、流出の表面中間成分は、時間とともに増加し、ある程度の時間を経て一定値に収束していくことがわかった。

図-7山地型河川の神流川²⁾と田川における部分流出寄与率と貯留量の関係をそれぞれ示す。日野・長谷部が神流川を対象に行った解析によると、部分流出寄与率は貯留量の関数であり、その関係は増加傾向であるとされる。一方で、田川で行った解析結果は減少傾向となり、部分流出寄与率が増加すると貯留量が減少するものであった。線1,2,3のグループ別にプロットされた。この結果より、部分流出寄与率が同程度のケースでは総観測有効降雨量が増加すると貯留量も増加するという傾向も見られた。



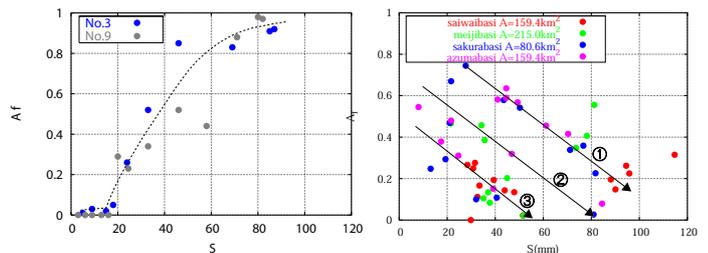
(a) 中流域(幸橋地点) (b) 中流域(東橋地点)
1987年3月23日 2006年6月15日

図-5 部分流出寄与率と降雨量の関係



(a) 中流域(幸橋地点) (b) 中流域(東橋地点)
1980年代 2000年代

図-6 部分流出寄与率の時系列変化



(a) 神流川解析結果 (b) 田川解析結果

図-7 部分流出寄与率と貯留量の関係

6. まとめと今後の課題

本研究では、フィルター分離AR法における逆推定降雨を用いて田川流域の部分流出寄与率の解析を行った。その結果より、田川流域では降雨が流域全体から均等に河道に流出するのではなく、特定地域から流出する傾向にあることが明らかになった。しかし、その特定地域が、流域内で常に同じ地域かどうかについては更に詳しい解析が必要である。今後は十分な観測データが得られる他の混在型河川流域において同様な解析を行い、田川流域との比較を行うことで田川流域のような混在型河川の流出特性を検討する。

参考文献

- 1) 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, 土木学会論文集 第328号・1982年12月。
- 2) 日野幹雄, 長谷部正彦: 水文流出解析, 森北出版株式会社, 1985。
- 3) 日野幹雄, 長谷部正彦: 流出成分への降雨分離および部分流出域と流域貯留の関係について, 土木学会論文集 第357号/II-3・1985年5月。
- 4) 宮本浩樹: 都市河川である田川流域の流出特性に関する研究, 宇都宮大学大学院工学研究科エネルギー環境科学専攻修士論文 2008。