

大起伏山地における洪水流出特性－大井川水系東河内沢の事例－

筑波大学生命環境科学研究科

○北本 楽

筑波大学生命環境系

山川 陽祐

筑波大学生命環境系

内田 太郎

筑波大学生命環境科学研究科

輿水 康二

1. はじめに

近年、中山間地域では水土砂災害が多発し、深刻な被害が生じている。こうした災害は豪雨における水や土砂の移動が要因であり、土砂災害の発生予測精度向上には水土砂の流出機構の把握が必要である。洪水流出の既往研究は対象流域面積が1 km²以下の山地流域がほとんどで、1 km²～10 km²の流域で起伏率が0.3を超えるような大起伏山地流域を対象にした観測は乏しい（図1 赤枠領域）。流域面積1 km²以下の既往研究で示された洪水流出特性が、流域面積を大きくしても適用されるかはいまだ不明である。本研究では ①洪水流出特性の検討が不足している1 km²～10 km²の大起伏山地流域において、降雨量と流量の観測によって洪水流出特性を明らかにし、既往研究で示された流域面積1 km²以下の洪水流出特性と比較すること、②既存の降雨流量データを用いて1 km²～10 km²の低起伏山地流域の洪水流出特性を明らかにし、表面地形条件の違いと洪水流出特性の関係を検討することを目的とした。

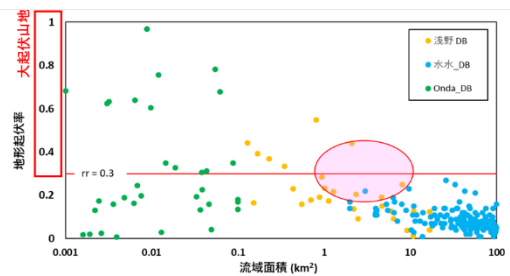


図1 既往研究の流域面積と起伏率

2. 対象地および手法

1 km²～10 km²の大起伏山地流域として静岡県大井川水系上流に属する東河内沢（図2）を選定した。雨量計、超音波水位計、電波流速計を設置して降雨量、流量を観測した。洪水発生有無の確認のためカメラを併用した。既往研究で明らかにされた洪水流出特性の例として岡山県竜の口山試験地北谷流域で行われた研究結果¹を引用した。1 km²～10 km²の低起伏山地は、東河内沢と流域面積および地質が類似し、起伏率が小さい流域を対象にして、水文水質データベースより降雨量、流量データを使用できることを条件にして中筋川、長谷川の2流域を選定した（表1）。各流域のハイドロハイエトグラフにおいて、無降雨継続時間を12時間とし1洪水イベントと定義したのち、洪水イベント中の流出総量をハイドログラフから抽出した。基底流量と洪水流量の分離にはHewlettの分離線²を用いた（図3）。降雨総量および流出総量の関係から洪水流出特性を明らかにし、比較した。降雨総量と流出総量は単位面積あたりの水頭表示にした。表面地形条件は、GISおよび国土地理院が整備した10 mDEMを使用し、各流域の平均斜面長、平均勾配、単位面積当たりの比高を計算した。

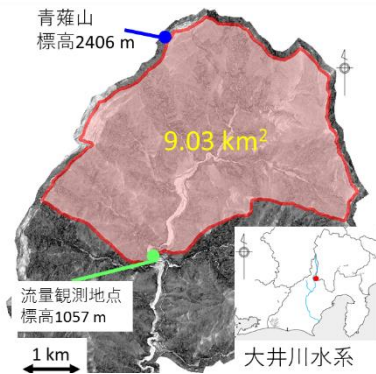


図2 大井川水系東河内沢

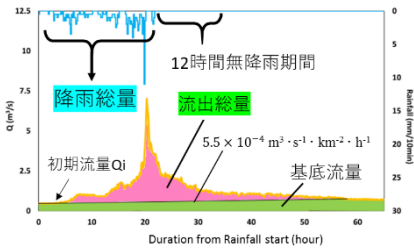


図3 洪水流量の分離

表1 流域の選定条件

水系名	流域名	流域面積 (km ²)	起伏率	設定条件	地質年代・岩種
静岡県大井川	東河内沢	9.03	0.295	1 km ² ～10 km ² の大起伏山地流域	後期白亜紀付加体
	竜の口試験地北谷流域	0.07	0.393	1 km ² 以下の大起伏山地流域	ペルム紀付加体
高知県渡川	中筋川	11.4	0.057	東河内と同じ流域面積・地質岩種で低起伏	中期始新世-前期漸新世付加体および泥岩
山口県小瀬川	長谷川	11.8	0.089	東河内と同じ流域面積・地質岩種で低起伏	中・後期ジュラ紀付加体

結果と考察

東河内沢の観測では、流量観測データの乏しい大起伏・中流域において、大規模降雨イベント（降雨総量433 mm）時を含む洪水イベントを観測することに成功した（図4）。既往研究により竜の口では降雨総量と流出総量の関係から示される洪水流出特性（図5 暖色系プロット）の特徴として以下のことが挙げられてい

る。①降雨総量が 150 mm 以下の小中規模降雨では初期流量の大小、すなわち降雨開始前の流域の乾湿程度に応じて流出総量は大きくなる。②降雨総量が十分に大きい場合は流域が降雨中に湿潤状態に到達するため、初期流量にかかわらず、流出総量が増加する。③洪水流出開始に必要な降雨総量は 25 mm 以上である。東河内沢で観測された洪水イベントの解析から、①、②において同様の洪水流出特性を示すことがわかった（図 5 四角形プロット）。また、③の洪水流出開始に必要な降雨総量は 50 mm 以上であった。竜の口と東河内沢の比較から、大起伏山地流域では流域面積が大きくなったとしても洪水流出特性は類似することが明らかとなった。低起伏山地流域である中筋川と長谷川の洪水流出特性は東河内沢と同様の傾向にあり、洪水流出開始に必要な降雨総量も 50 mm 以上と同程度であった。降雨総量と流出総量を降雨総量で除した流出率の関係を線形近似によって推定したところ、線形近似直線の傾きは東河内沢、中筋川、長谷川がそれぞれ 0.00203、0.0317、0.00267 となり東河内沢が他の 2 流域に比べて傾きが緩かった（図 6）。3 流域の比較から、大起伏山地流域は低起伏山地流域に比べて同じ降雨総量時に降雨が流出しにくいことがわかった。GIS を用いた地形解析では、単位面積あたりの比高は竜の口が最も小さく、東河内沢は中筋川、長谷川よりも 2 倍程度大きいことがわかった（表 2）。単位面積あたりの比高が小さいことは、降雨浸透流出過程に寄与する流域体積が小さく、流出までに損失が少なくと考えられる。竜の口が他の流域に比べて洪水流出開始に必要な降雨総量、すなわち損失雨量が小さいのは流域体積が小さいからであろう。一方で、東河内沢は単位面積あたりの比高が中筋川や長谷川よりも約 2 倍大きい。降雨浸透流出過程において、雨水が地下構造を経由する距離は長いと考えられるため、流域体積の大きい大起伏山地では低起伏山地に比べて流出しにくくなると考えられる。流域面積や表面地形条件などの流域ごとの特徴が洪水流出特性と関係があることが示唆された。より高精度な洪水流出予測を行うためには、表面地形だけでなく斜面の内部構造（土層・地質構造）まで考慮した洪水流出特性の検討が必要である。



図 4 大規模降雨による出水の様子

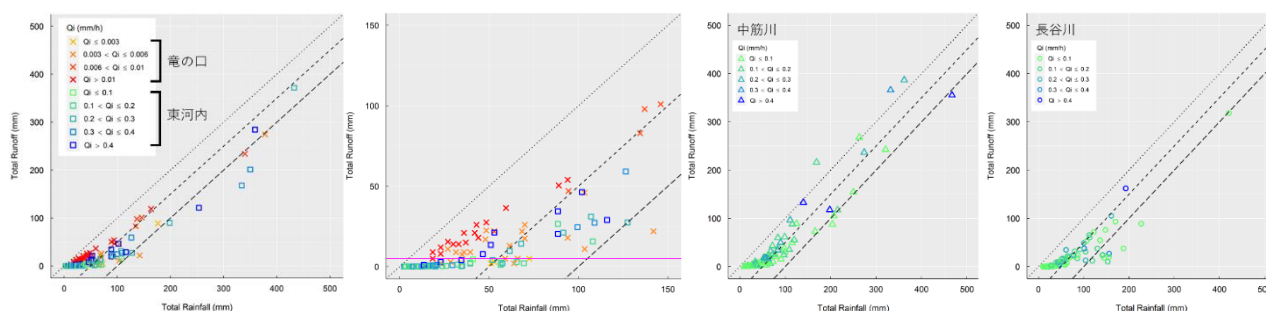


図 5 降雨総量と流出総量の関係（竜の口：暖色系、東河内沢：四角形、中筋川：三角形、長谷川：丸形）

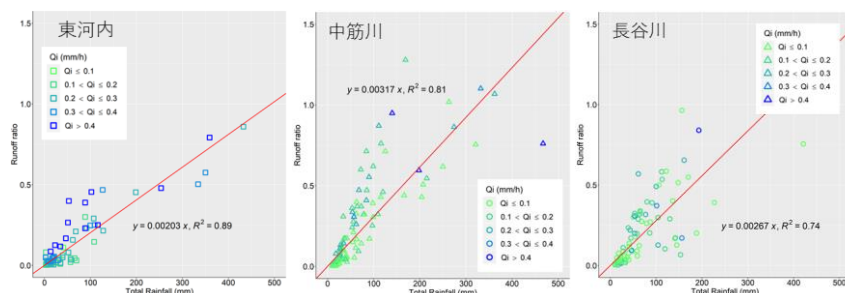


図 6 降雨総量と流出率の関係（赤線分は線形近似直線）

表 2 表面地形条件の計算結果

流域名	起伏率	斜面長 (m)		斜面勾配 (°)		単位面積あたりの比高 (km)
		中央値	平均値	中央値	平均値	
東河内	0.295	130	151	38	38	88.2
竜の口	0.393	60	69	26	26	25.6
中筋川	0.057	82	93	28	28	41.1
長谷川	0.089	79	89	27	27	37.3

参考文献

- 1) Tani M., Abe, T., (1987) Analysis of stormflow and its source area expansion through a simple kinematic wave equation: In Forest Hydrology and Watershed Management, IAHS Publ., **167**, 609-615
- 2) Hewlett J. D., Hibbert A. R. (1967) Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in humid areas: In International Symposium on Forest hydrology (Sopper, W.E. and Lull, H.W., eds.) pp. 275-290, Pergamon, Oxford.