

付加体堆積岩からなる急峻な秩父山地では、流域面積が小さい流域で洪水比流量が小さい

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○浅野友子, 鈴木智之
 サントリーグローバルイノベーションセンター(株)水科学研究所 川崎雅俊

1, はじめに

気候変動下で水・土砂動態の予測精度を向上するには、山地流域の降雨—流出機構の実態理解が重要である。これまで $\sim 10^3 \text{km}^2$ の流域での観測から、洪水ピーク時の比流量は、流域面積が小さいほど大きく、面積が増加するのにしたがって小さくなる例が数多く報告され、予測モデルにも反映されてきた。しかし少数ではあるがこれとは逆に、流域面積が大きくなるほどピーク比流量が大きくなる流域があることも報告されている。例えば0~1次流域での詳細な観測研究で明らかにされた、基岩中の水移動が洪水流出にも大きく寄与するような流域（例えば Onda et al., 2006）では、いったん基岩に入った水がどの地点で流出するかによって、流域面積増加に伴いピーク比流量が大きくなる可能性があり、ピーク比流量の空間分布は基岩の透水特性と関連すると考えられるが、観測データが限られており不明な点が多い。大起伏で付加体堆積岩からなる秩父山地の川又流域（94 km^2 ）では、平水時の河川13地点での比流量観測から、流域面積が大きくなるほど比流量が増加し、平水時の河川流量に基岩中の貯留・流出が及ぼす影響が大きいことがわかってきた（Asano et al., 2019）。本研究では、この流域では洪水比流量も流域面積が大きくなるほど増加する実態を報告し、流域のスケールと流出機構の関係について考察する。本研究は科研費、サントリー天然水の森 東京大学秩父演習林プロジェクト研究助成を得て行った。

表1 流量観測流域の概要

流域 ID	流域面積 (km ²)	流量観測地点標高 (m)	流域平均標高 (m)	流域平均勾配 (%)
小 (バケモノ沢)	0.58	1038	1397	56
中 (矢竹沢)	2.2	941	1341	66
大 (川又)	94	627	1481	67

2, 流域の概要

秩父山地の川又流域（標高 628~2475m）

は荒川の本・支川が深く浸食してV次谷を形成している。地質は主に中生代のジュラ系付加体である秩父帯と、同じく白亜系付加体で

ある四万十帯で、断層が複数報告されている。斜面中・上部には緩斜面もあるが、斜面下部は急峻で、支川が本川に合流する付近や、本川の河床は岩盤が露出している部分が多い。栃本観測所（標高 740m）における年平均気温は 11.2 度、平均年降水量は 1,480mm である。一部の斜面崩壊地と林道を除いてほぼ全域が林冠の閉鎖した森林で、面積の 92%が天然林（山地帯~亜高山帯林）、8%程度が人工林である。

3, 方法

小・中・大 3つの入れ子状の流域で量水観測を行った（表 1）。小流域では四角堰（例えば東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会水文水質部門, 2020）、中流域では治山堰堤を用いて（浅野ほか, 2017）流量観測を行い、大流域は国土交通省の観測地点川又（観測所記号 303041283320010）等の観測値である。10m メッシュの DEM を用いた地形解析で得た流域面積で除して比流量を計算し、まとまった降雨についてピーク比流量、直接流出量を比較した。3カ所で転倒マス雨量計で行われている地上雨量（例えば東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門, 2020）と 1km メッシュ解析雨量を用いた。小中流域の流域平均降雨量には、それぞれの流域から 1km 以内にある地上雨量計の値を用い、大流域の流域平均降雨量は、解析雨量を用いて求めた。まず 3つの地上雨量計の観測値を用いてそれぞれの雨量計があるメッシュの解析雨量の精度検証を行い、必要な補正を検討した上で、大流域に該当するメッシュの降雨量から流域平均降雨量を求めた。2013~2019年の雨期のデータについて解析した。

4. 結果と考察

4.1. 観測した降雨イベントの特徴

総降雨量 26.5~231.5mm, リターンピリオド 10^{-3} ~3.2年の 69 降雨中に 1つ以上の流域で流量データを得た。大雨時には土砂流出等で流量が得られないことがあった。

4.2. 解析雨量の精度検証と補正

1 時間雨量と 24 時間雨量について、地上降雨量と解析雨量を比較したところ、バラツキはあるが直線的な関係があった(図 1)。時間雨量については 10 ミリ以上、24 時間雨量については 25 ミリ以上の降雨について回帰分析を行った。直線の傾きは 1 時間雨量では 0.77~0.90, 24 時間雨量では 0.86~0.91 (相関係数 0.83~0.91, $p < 0.05$) で、解析雨量は地上雨量に比べて 9~23% 少ない傾向があった。この関係が流域全体にもあてはまると仮定し、大流域の流域平均降雨量は解析雨量の該当するメッシュの平均値の 1.10~1.31 倍であるとして、以降の解析を行った。降雨イベント毎の流域平均降雨量を 3つの流域で比較したところ大きな違いは無く、小中流域はほとんど同じで(最大 4% 差)、大流域は小中流域に比べて最大 1.26 倍大きかった。

4.3. ピーク比流量は、大流域で小流域より大きい

ピーク比流量は小流域で最も小さく、大流域で最も大きかった(図 2)。この傾向は観測したほとんどの降雨で見られ、特にピーク流量が大きい降雨で差が大きかった。例えばリターンピリオド 0.5 年以上の降雨時のピーク比流量は中流域では小流域の 2~9 倍、大流域は中流域の 2~3 倍で、降雨の分布による流域平均降雨量の差(最大 1.26 倍)に比べて大きい。

4.4. 直接流出量は、大流域で小流域より大きい

例えばリターンピリオド 0.5 年以上の降雨では、直接流出量は中流域では小流域の 4~41 倍、大流域では中流域の 1~3 倍であった。この差は、降雨の分布による流域平均降雨量の違いに比べても大きかった。イベント総降雨量と直接流出量の関係から、中、大流域では総降雨量が 50~100mm を超えると顕著な流出があるが、小流域では総降雨量が 150~200mm 以上になって初めてまとまった流出が生じた。小流域では中・大流域に比べ初期損失雨量が 100~150mm 多く、この差は主に基岩中にしみこんだ雨水の一部は、小流域では流出せず、下流のより大きな流域で流出することによると考えられる。

5. 結論

付加体堆積岩からなる大起伏な秩父山地では、大雨時に流域面積が小さい流域で大きい流域と比してピーク比流量、直接流出量ともに小さく、この差は降雨の空間分布では説明できなかった。洪水時比流量の空間分布も基岩中の水移動の影響を受けることが示された。このような流域では小流域(<数 km²)での観測からより大きな流域の流量を予測するのは難しい。基岩中の水移動は斜面崩壊や土石流の発生場所・タイミングに影響すると考えられ、流域の特徴と基岩の透水特性、流域のスケールと流出応答の関係の整理が今後の課題である。

参考文献 Asano *et al.*, (2020) Water Resources Res., e2019WR025658, 浅野ほか(2017)演習林(東大)59:235-243, Onda *et al.*, (2006) J Hydrol. 331:659-673, 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林基盤データ整備委員会気象部門 (2020) 演習林 (東大) 62 : 115-161, 同 水文水質部門 (2020) 演習林 (東大) 62 : 93-113,

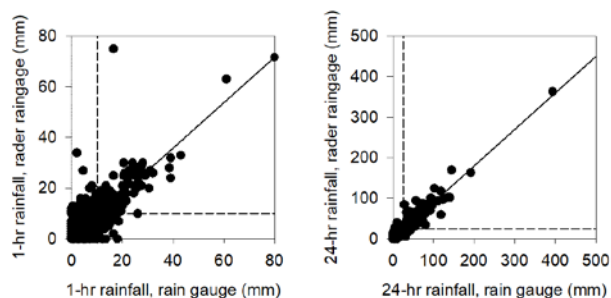


図 1 地上雨量と解析雨量の比較。左は 1 時間雨量、右は 24 時間雨量、点線は 10、25mm を指す。

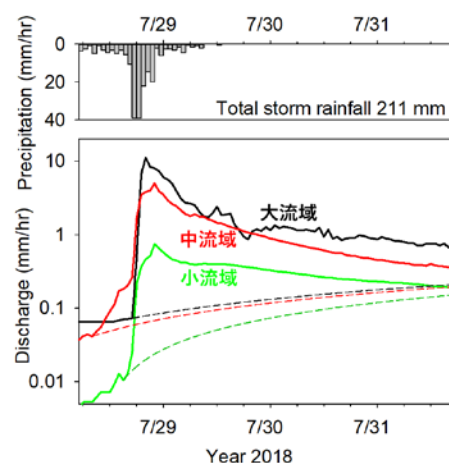


図 2 大雨時の小中大流域のハイドログラフ比較。点線は直接流出量を分離した結果。下の図の縦軸はログスケール。