

富士川上流における降雨特性と掃流砂流出の関係把握

嶺南大学校(韓国) ○李基煥

筑波大学 内田太郎

国土技術政策総合研究所 山越隆雄 泉山寛明

国土交通省 富士川砂防事務所 萬徳昌昭

1. はじめに

降雨量は山地流域の土砂流出システムにおける河川流量及び斜面や土砂移動、そして植生被覆にまで幅広く影響する重要な要素である。そのため、降雨量と流砂量、流出土砂量に関する多くの知見が積み重ねられてきている。一方、富士川砂防事務所が実施してきた流砂水文観測結果から、2011年9月の台風12号(最大日雨量:135mm)および台風15号(最大日雨量:206mm)による連続的な豪雨の発生以降、河川の流砂量が一時的に増加し、1年以上多い状態が続いたことが確認された¹⁾。この点に着目して、本研究では富士川上流域での流砂水文観測結果を用いて、出水時の総雨量と掃流砂流出量の関係及びその時系列変化を検討した上で、数年周期で発生する豪雨イベントによる、山地河川の掃流砂流出特性変化を定量的に分析した。

2. データの収集・整理

本研究では、富士川水系の釜無川上流域で実施された流砂水文観測結果から、多数の出水データが解析可能な釜無川上流(西比良下流第6床固工:2010-2016)、濁川(濁川下流第9床固工:2010-2016)、大武川(大武川下流第50床固工:2011-2016)の3流域を対象に選定した(表1)。観測データの分析については、各流域内の降雨データから降雨事象を抽出し、そのうち水位及びハイドロフォンに反応が見られた140の大小出水(釜無川上流:59出水、濁川:35出水、大武川:46出水)を対象として、出水の総雨量と総掃流砂量の関係を整理・分析した。ここで、降雨事象は前後24時間以上の無降雨期間で区分された一連の降雨を抽出した。

一方、降雨事象別の総掃流砂量は、観測地点の長さ0.5mと2.0mのハイドロフォンから求めた単位幅掃流砂量の平均値に河床幅を乗じて算出した。また、ハイドロフォン上流の砂州や偏流による出水時の横断方向での流砂量の差異を考慮するため、2013年から観測箇所両岸で流砂観測を同時に実施している大武川の流砂観測結果を用いて、降雨ごとに算出した両岸の掃流砂量を比較した。その結果、両岸の流砂量は正の相関を示した(図1)。左岸に対する右岸の割合は、約0.2倍であり、左岸の単位幅掃流砂量が $0.001\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ 以下の出水で1オーダー程度の総掃流砂量の違いが見られた。このような掃流砂量の違いは、主流が左岸に偏っている現場特性の影響のためだと考えられる。しかし、右岸と左岸の掃流砂量の相関が高いことから、補正した

掃流砂量を用いて観測地点の掃流砂流出傾向の変化を把握することは可能と考えられる。

表1. 対象流域の概要

河川名	釜無川上流	濁川	大武川
流域面積*	82.3km ²	18.5km ²	70.8km ²
河床勾配*	0.016	0.019	0.016
河床幅	85m	25m	74m
観測期間	2010.8-2016.12	2010.8-2016.12	2011.1-2016.12

*各観測地点での測定結果

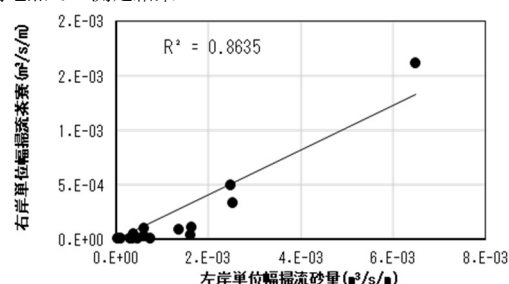


図1. 大武川における右岸観測値と左岸観測値の関係

3. 観測地点の掃流砂特性に対する豪雨の影響

図2に2011年台風12及び15号(以下、単に「台風」と呼ぶ)の前後半における出水の総雨量と比掃流砂量の関係と比較した。ただし、濁川データについては2012年から出水中に断続的欠測が発生しているため、ここでは掃流砂量などの算出が可能な観測データのみを示した。各観測地点の出水データは、台風以前(2010.1-2011.9)及び台風直後(2011.10-2012-12)、そして2013年以降(2013.1-2016.12)の3グループに区分できる。回帰線(黒)は、台風以前における総雨量と比掃流砂量の高い相関関係($r^2 > 0.509$)を示し、そのときの上下位包絡線(赤と青)も一緒に表示させた。ここで、包絡線は、傾きは回帰線の傾きと等しいとして表示した。2011年台風に伴う流域の掃流砂流出特性の変化は、2つのパターンに分けることができる。

パターン1: 流域の通常状態(台風以前データの上位包絡線)を超える出水イベントの発生直後、台風以前と比べて同一の雨量に対する掃流砂流出量が増加し、概ね2013年以降から台風以前の状態に戻る。

パターン2: 流域の通常状態を超える出水イベントが発生しても、観測地点の掃流砂流出特性は大きく変化しない。

前者は濁川と大武川が該当し、台風直後、大武川の1降雨当たりの掃流砂流出量は台風以前より総降雨量

が同程度の場合、約 1-2 オーダ程度、濁川の場合は台風以前より約 2-3 倍程度増加した。また、増加した掃流砂流出量が一定期間経過した後、通常状態に戻る経年的な変化が見られた。一方、後者は 2011 年台風が観測地点の流砂特性に影響を及ぼさなかったとみられ、この結果は釜無川上流に該当する。

台風前後の掃流砂流出特性において差異がみられた大武川(パターン 1)と釜無川上流(パターン 2)を対象とし、各降雨の総雨量と流砂の粒径を図 3 に示した。ここで、平均粒径はハイドロフォンで求めた各時刻の平均粒径のデータ(d_{avg})を各時刻の掃流砂量により加重平均したものである($d_{avg,e}$)。また、最大値、最小値は出水期間中のハイドロフォンで計測した各観測時刻の平均粒径の最大値($d_{max,e}$)、最小値($d_{min,e}$)である。大武川の出水ごとの平均粒径は、3.3-59mm の範囲にプロットされており、出水ごとの粒径は総降水量が同じ場合であっても、釜無川上流より数倍-数十倍の幅で変化している。また、台風直後では平均粒径が同程度の降雨規模での台風以前のデータに比べ概ね 2-10 倍粗くなっている。一方、釜無川上流については、平均粒径の範囲が概ね 2.6-19mm と分布幅は小さく、観測期間中の大きな変化は見られなかった。

4. 台風の影響期間に対する定量的な検討

2011 年台風の影響期間は、図 2 で台風以後、流砂量が増加した出水イベントのデータが、再び通常状態(台風以前データの上位包絡線)に復帰するまでの持続時間(月)を把握して定量的に検討した。ここで、図 2 に示すとおり各流域の台風以前のデータにおいて、総雨量(R)と比総掃流砂量(Q_s)の関係は、 $Q_s = kR^\alpha$ のべき法則に従うことが確認されたため、本研究では、指数 α を固定して算出した係数 k を用いて、各出水イベントの流砂特性を評価した。その上で、係数 k の時系列変化を定量的に分析し、台風の影響期間(月)を評価した(図 4)。なお、ここでは全期間に対する出水データの取得が可能な釜無川上流と大武川を対象として分析を実施した。大武川の出水データは、台風以後、係数 k が減し、台風 15 号終了から約 24 カ月後、台風以前の状態(4.7×10^{-4})に戻った。この間、経過時間と係数 k の間には有意な相関がみられた($r^2=0.644$)。その反面、釜無川上流の時系列データは大武川と異なり、有意な傾向を見られなかった($r^2=0.011$)。以上のことから、大武川では、台風により比較的粒径の大きい土砂も含めて、移動しやすくなった結果、掃流砂量及び粒径が大きくなったと考えられる。この移動しやすくなった状況が徐々に元の状態に戻っていったと考えられる。釜無川上流の場合、掃流砂の粒度分布は変化幅がもともと小さく、大規模な出水においても河床材料に顕著

な変化が生じなかったため、台風前後で掃流砂量の顕著な変化が見られなかったと考えられよう。

また、以上の結果から、水位や流量と同様に降雨と掃流砂の関係を利用して、流域の状況の中期的な変化を監視することが可能だと考えられる。

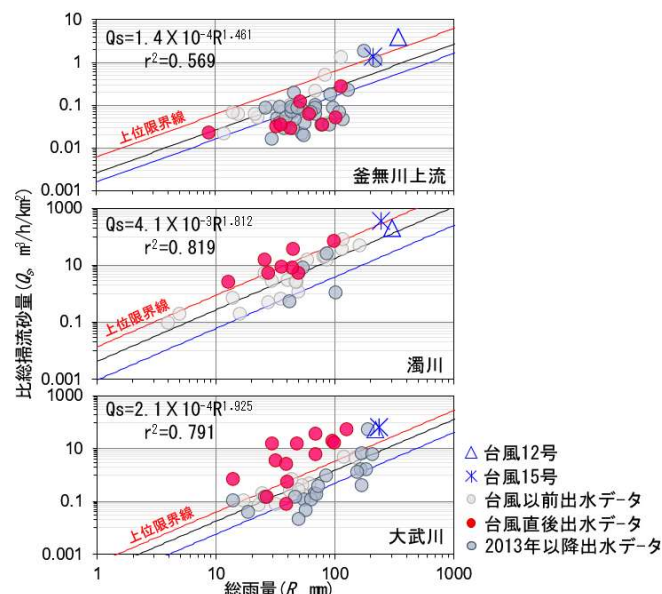


図 2. 2011 年台風前半の総雨量と掃流砂量の関係

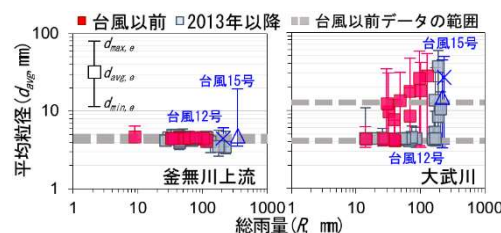


図 3. 2011 年台風前後半の総雨量と平均粒径の関係

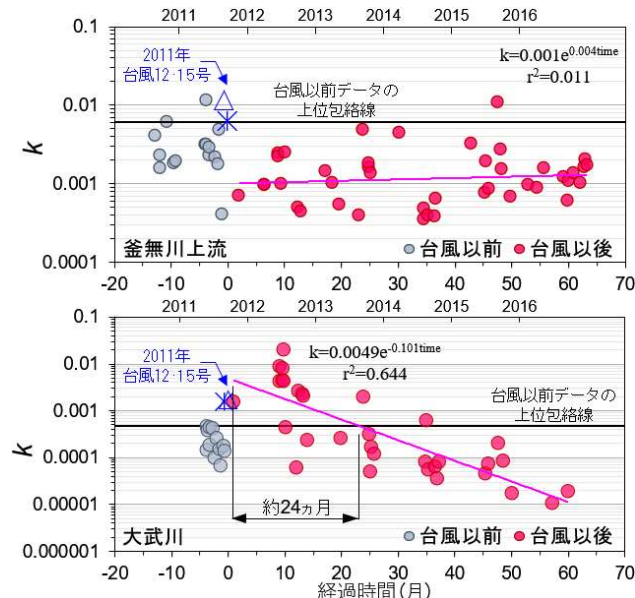


図 4. 釜無川上流と大武川における豪雨影響期間の検討

参考文献

- 1) 内田ら：流砂水文観測に基づく山地河川の流砂特性の把握。土木技術資料 58(10). 2016