

出水に伴う土砂供給源を起点とした粒径別土砂移動の実態

(株)シン技術コンサル 溪流保全部 ○宮崎 知与  
 北海道大学大学院農学研究科 山田 孝・丸谷 知己

1. はじめに

土砂災害対策とくに水系を対象とする砂防計画では、山地から流出する土砂量を予測することが主要課題の一つである。山地上流の土砂生産源の土砂は、一出水で流域外へ全て流出することはなく一部は河道内に滞留する。よって、山腹崩壊による河道への土砂供給は、複数の出水を含む長期間にわたり影響する。この影響を評価するため、筆者ら(宮崎ら, 2007)は河岸斜面崩壊や支川土砂流出を Sediment pulse (例えば Lisle *et al.*, 2001) と捉え、出水に伴う河道内堆積土砂量の分布特性について検討した。今回は、初期の Sediment pulse が発生した後、複数の出水によりどのように再移動するか、さらに、再移動する際の粒径が土砂移動にどのような影響を及ぼすかに焦点をあて検討したので報告する。

2. 研究対象地と調査方法

研究対象地は、北海道東部帯広市管内に位置する北岩内二の沢川である(図-1)。初期の Sediment pulse は、2003年8月台風10号に伴う豪雨(総雨量277mm, 岩内二の沢雨量観測所)によって発生した。出水前後の空中写真判読により、本川3600m地点支川源頭部と3745m右岸斜面において崩壊が発生した。その崩壊土砂量は、およそ5,700m<sup>3</sup>と見積もられ、その内4,770m<sup>3</sup>の土砂が直接河道内へ流出し、洪水流により流送された。その後、2005年9月台風14号(総雨量214mm)、2006年10月低気圧・秋雨前線(総雨量184mm)の大雨により初期の Sediment pulse の再移動が発生した。

現地調査は、2005年7月～2006年11月まで合計4回実施した。調査方法は、本川11本、支川4本の定期横断測量及び本支川50～100mおきにスケールを設置してデジタルカメラによる定点撮影を行なった。初期の Sediment pulse の堆積土砂量分布は、支川ウエダ川合流点上流において、出水前後の空中写真判読及び実地流域における植生年代情報(新谷・黒木, 2001)を根拠として調査を行なった。

出水規模の評価には、擬似ストリームパワーPs(m<sup>3</sup>) (宮崎ら, 2007)、流出土砂量Qs(m<sup>3</sup>)の算出には土砂収支計算法をそれぞれ用いた。

$$Ps = A \cdot R_{24} \cdot I \times 10^3 \propto \frac{1}{\rho g} \int \Omega dt \quad \text{-----(1)}$$

$$\Omega = \rho g \cdot Q \cdot I \quad \text{-----(2)}$$

ここに、A:流域面積(km<sup>2</sup>)、R<sub>24</sub>:24時間雨量(mm)、  
 I:対象地点河床勾配、Q:流量(m<sup>3</sup>/s)。

3. 調査結果と考察

初期の Sediment pulse 発生以降の堆積土砂量分布がどのように変化したかについて図-2に示す。岩内川第1号砂防堰堤から上流1970mには、流域内で最も大きな支川ウエダ川が合流する。これより上流の河幅は5-20mと狭く、露岩箇所が多くなっており、もともと河床堆積土砂の少ない区間であったと考えられる。また、2003年8月土砂移動では、土砂供給源となった3600m支川土砂流出と3745m河岸斜面崩壊以外には、横流入土砂は少なかった。よって、初期の Sediment pulse は、現地調査から明瞭に区別することができた。一方、ウエダ川合流点下流の河幅は10-25mと広がり、ウエダ川からの横流入土砂や2003年8月以前の河床堆積土砂の移動が混在し、初期の Sediment pulse は明瞭に区別できなかった。よって、初期の Sediment pulse は、ウエダ川合流点上流のみ図示した。初期の土砂供給量は合計5,700m<sup>3</sup>、ウエダ川合流点から土砂供給地点までに堆積した土砂は83%の4,730m<sup>3</sup>、残り17%の970m<sup>3</sup>が合流点下流へ流出したと推定される(表-2)。2003年8月以降、2006年10月まで総雨量150mmを超える出水が2回発生した。2005年9月の出水は、2003年8月以降

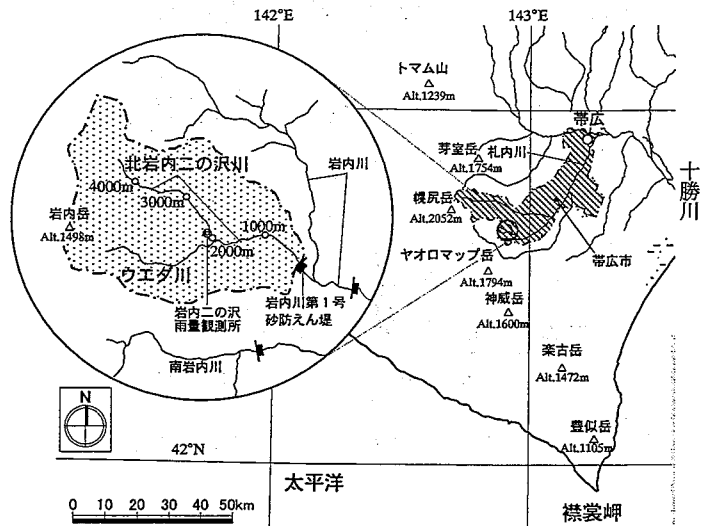


図-1 位置図  
 表-1 対象流域概要

対象河川名	流域面積	流路延長	流域形状係数	Horton-Strahlerの水流次数	流域平均勾配(起伏比)	平均河床勾配	地質条件	砂防・治山施設
	A(km <sup>2</sup> )	L(km)	A/L <sup>2</sup>	S <sub>0</sub>	I	i		
北岩内二の沢川	11.51	6.18	0.30	4	0.19	0.013 -0.18	先白亜紀粘板岩、砂岩、一部ホルンフェルス化	岩内川第1号砂防堰堤(1992)

最大の出水であり、2003年8月土砂移動で形成された堆積地が浸食され、Sediment pulse が再移動した。その結果、本川 2100m-2500m や 1400m-1800m に小規模な堆積地を形成した。1400m-1800m の堆積地は、ウエダ川からの横流入土砂 550m<sup>3</sup> の影響があると考えられる。その後、2006年融雪出水や2006年10月出水により、再移動した土砂のほとんどが再び移動し、最下流砂防堰堤堆砂区域へ流出した。

初期の Sediment pulse と 2005年9月に再移動した Sediment pulse の縦断粒径変化を示したのが図-3、図-4（北海道開発局帯広開発建設部,2006）である。土砂供給源となった土砂の粒径は、4.75-75mm が 78-84% を占める。300-500m 流下したあとの粒径は、75mm 以上の粒径の割合が土砂供給源と比較して 5% から 15-16% に増加している。これは、土砂移動過程の中で 4.75-75mm の礫がより下流へ流出した結果、相対的に 75mm 以上の礫の割合が増加したと思われる。一方、再移動した Sediment pulse の粒径は、土砂供給源に近い 3100m 地点において、75mm 以上が 29% 占めており、初期の Sediment pulse よりさらに割合が増加した。これに反して、下流へ流下するにしたがって 75mm 以上の粒径の割合が徐々に減少し、代わりに 2800m 地点で粒径 19-75mm が 63% と最高となった後、1530m 地点でさらに細かな粒径 4.75-19mm が 46% まで増加した。途中、1700m 地点で 19-75mm の割合が 2400m 地点より増加しているが、これはウエダ川から 19mm 以上の土砂が横流入した影響と思われる。

表-2 に支川ウエダ川直上流における擬似ストリームパワー  $P_s$  と土砂供給量  $G$  の比、流出土砂量  $Q_s$  と  $G$  の比を整理した。 $P_s/G$  は、土砂の流れやすさを示すパラメータであり、大きいとき土砂供給欠乏の状態 (supply limited)、小さいとき土砂供給過剰の状態 (transport limited) を示す (宮崎ら, 2007)。初期の Sediment pulse に対して  $P_s/G$  は 4-11、2005年9月の再移動で 8-25 とほぼ2倍となっている。このとき、流出率  $Q_s/G$  は、0.17 から 0.23 に増加している。2006年10月の再移動における  $P_s/G$  は、2005年9月の再移動とほとんど変わらないが、流出率  $Q_s/G$  は 0.81 と非常に高くなっている。これは、2006年10月土砂移動の供給源が 2005年9月土砂移動で堆積した粒径 4.75-75mm の動きやすい礫が浸食されたためであると考えられる。つまり、流出率  $Q_s/G$  は、 $P_s/G$  だけでなく移動可能土砂の分布状況と粒径に大きく影響されることがわかる。

参考文献

新谷 融・黒木幹男 (2001)：流域動態の認識とその方法, 北海道大学図書刊行会, pp.83-90.  
 北海道開発局帯広開発建設部 (2006)：十勝川直轄砂防事業の内岩内川沿岸溪床調査業務, pp.325-327.  
 Lisle T.E., Cui Y., Parker G., Pizzuto J.E., Dodd A.M. (2001)：The dominance of dispersion in the evolution of bed material waves in gravel-bed rivers, Earth Surface Processes and Landforms, 26, p.1409-1420.  
 宮崎知与・榎林基弘・山田 孝・丸谷知己 (2007)：Sediment pulse に起因する山地流域非平衡土砂流出の実態, 砂防学会誌, Vol.59, No.5, p.3-14.

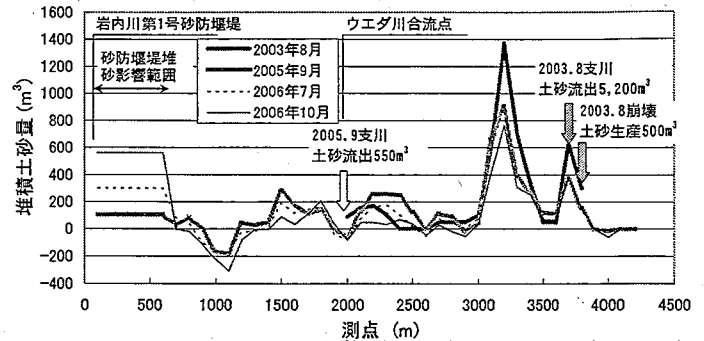


図-2 Sediment pulse の再移動 (2003年8月-2006年10月)

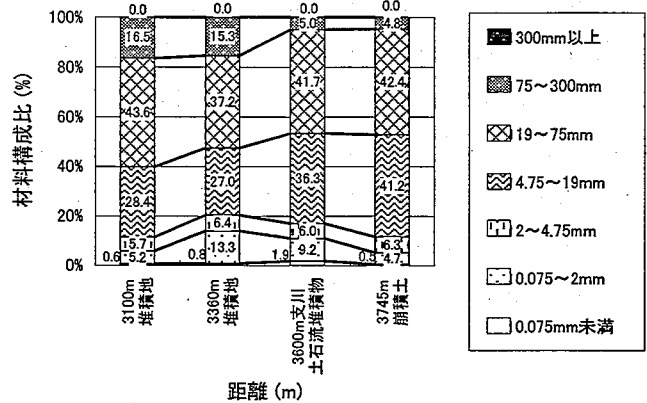


図-3 初期の Sediment pulse の縦断粒径変化

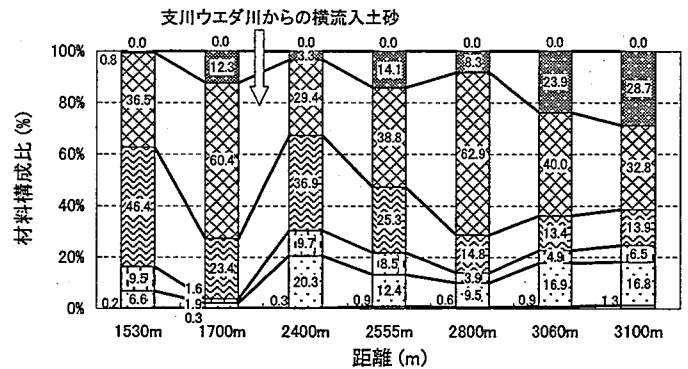


図-4 Sediment pulse 再移動 (2005.9) における縦断粒径変化

表-2 支川ウエダ川合流点上流における流出率

初期の Sediment pulse 発生以降の出水	土砂供給量 $G(m^3)$	擬似ストリームパワー $P_s(\times 10^3 m^3)$	$P_s/G$	流出土砂量 $Q_s(m^3)$	流出率 $r = Q_s/G$	備考
a) 2003.8出水による初期の Sediment pulse 発生	5,700	22 - 64	4 - 11	970	0.17	24時間雨量 263mm 最大時間雨量 29mm
b) 2005.9出水による Sediment pulse の再移動	1,920	16 - 48	8 - 25	450	0.23	24時間雨量 197mm 最大時間雨量 23mm
c) 2005.9-2006.7 Sediment pulse の再移動	890	-	-	690	0.78	主に融雪期の出水による土砂移動
d) 2006.10出水による Sediment pulse の再移動	1,300	13 - 39	10 - 30	1,050	0.81	24時間雨量 161mm 最大時間雨量 9mm