

1. はじめに

長期の水系砂防計画では、1 出水で発生する土砂移動だけでなく、河道内に一時堆積した（滞留）土砂の変化を把握して、施設の配置や下流河川への土砂供給を検討する必要がある。しかし、現在、繰り返し発生する出水がもたらす変化を予測することは技術的に困難である。このような長期の土砂移動を把握する 1 手法として、Sediment pulse（例えば Lisle *et al.*, 2001）に着目した。筆者ら（宮崎ら, 2007; 2008）は、河岸斜面崩壊や支川土砂流出により初期の Sediment pulse（以下、「初期パルス」）が発生すると考え、初期パルスとその変化を本川の滞留土砂量分布が示す波形の変化により把握した。ただし、そこでの波形変化は、土砂の供給源から 2～3km と短い範囲での変化が主体であった。そこで、本研究では、水系における Sediment pulse の波形変化の実態を把握するため、約 10km と長い空間スケールで発生するパルスを対象とし、土砂供給源との距離や供給土砂量の経年変化が与える波形への影響について考察することを目的とした。

2. 研究方法

研究対象地は、平成 15 年台風 10 号による集中豪雨により、山腹崩壊に伴い土砂移動が発生した里平川流域（流域面積 39.0km²）を対象とした（図-1）。台風 10 号による降雨量は、新和雨量観測所において 24 時間雨量 337mm（総雨量 356mm、最大時間雨量 47mm）を記録し、観測史上最大の降雨であった。この降雨により、里平川、ウェンテシカン川流域において、崩壊面積率 2.7%、約 1,406,000m³の土砂が本支川の河道内へ供給された。斜面崩壊により供給された土砂は、河岸部から直接（河岸斜面崩壊）、あるいは支川から本川へ流出した。これにより、初期パルスが発生した。

平成 15 年出水による新規及び拡大崩壊面積率は、平成 10 年 9 月撮影空中写真（土砂移動前）と平成 15 年 8 月撮影空中写真（土砂移動後）との比較により把握した。河床部における変動は、土砂堆積深が最大 5m 以上と深く、荒廃地面積が広範囲に及んでいる。現地における河床変動量の把握は不可能と判断し、200m ピッチで平成 10 年 9 月撮影空中写真の図化横断と平成 17 年レーザープロファイラー（L.P.）測量横断を比較して平均断面法により算定し、初期パルスを把握した。初期パルス発生後の河床変動量は、里平川本川について 100m おきの測線を設定し、L.P.データを基に作成された 1m メッシュの地盤高の変化を河床変動範囲において積算して算出した（室蘭土木現業所, 2009）。

Sediment pulse は、初期パルス形成後の出水によって変化する。この Sediment pulse の変化を表現するために、滞留土砂量 $S(\text{m}^3)$ を(1)式により定義した。

$$S^n = S^{n-1} - G_b^n + D^n \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 G_b : 河床浸食土砂量(m³)、 D : 堆積土砂量(m³)を示し、添え字は出水番号を示す。初期条件は、初期パルスを形成した滞留土砂量とした。里平川 1 号砂防ダムから下流の滞留土砂量は、平成 15～17 年の河川改修工事の影響のため、初期条件を 0(m³)とした。

3. 結果と考察

本川に沿った Sediment pulse の変化を分析する単位として、洪水流下幅の違いや構造物位置、河道の狭窄部により、本川河道を 1,100～2,800m の延長で区分した（図-1 の Ri-1～Ri-6）。平成 15 年土砂移動における土砂の供給源は、支川土砂流出が 60.5%を占める（表-1）。流出土砂量 5,000m³以上の支川数は、ウェンテシカン川を含め 18 であった（図-1）。支川流域から流出した土砂は、本川合流点から下流方向に沿って堆積した（図-2）。土砂堆積が卓越する個所は、合流支川数が多い上

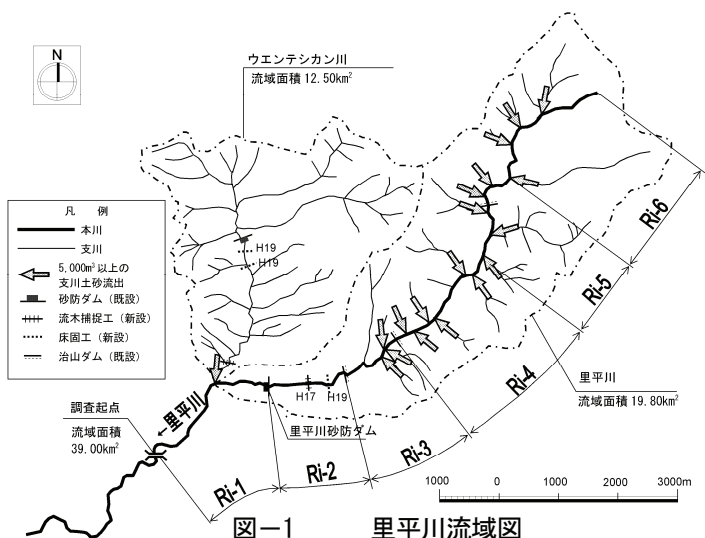


表-1 里平川流域における供給土砂量の経年変化

調査時期	里平川における供給土砂量 $G(\text{m}^3)$ ※()内の数値は百分率(%)			
	新規及び拡大崩壊 による供給土砂量 $G_h(\text{m}^3)$	河床浸食による 供給土砂量 $G_b(\text{m}^3)$	支川流出土砂量 $Q_{tr}(\text{m}^3)$	合計
平成15年土砂移動 (H17L.P.測量)	208,400 (26.3)	104,200 (13.2)	478,900 (60.5)	791,500 (100.0)
H18L.P.測量	500 (0.4)	29,800 (26.0)	84,400 (73.6)	114,700 (100.0)
H19L.P.測量	4,400 (5.2)	56,800 (67.2)	23,300 (27.6)	84,500 (100.0)
H20L.P.測量	600 (0.7)	73,500 (89.7)	7,800 (9.5)	81,900 (100.0)

流域(Ri-3～6)や河床勾配が下流方向に減少し河幅が拡張した区間 (Ri-2) で見られた。

その後、流出土砂量 $5,000\text{m}^3$ 以上の支川数は、H19L.P.測量時に3、H20L.P.測量時に1 (ウエンテシカン川のみ) と減少した。供給土砂量に占める支川土砂流出の割合は、H18L.P.測量時に73.6%、その後 H20L.P.測量時に9.5%まで減少した (表-1)。支川土砂流出の減少とは逆に、本川河床浸食による供給土砂量は増加し、経年で土砂の供給源が支川から本川河床へと推移した。Sediment pulse の波形変化は、Ri-3～Ri-6 において少なく、Ri-1～Ri-2 において増加、減少が見られた (図-3)。区間別に滞留土砂量を調べると、Ri-1 では H18L.P.測量以降、Ri-2 では H19L.P.測量以降減少した (図-4)。

Ri-2 の土砂の供給源は、上流 Ri-3～Ri-6 からの流出土砂である。Ri-3～Ri-6 の供給源は、上流に隣接する区間や支川である。Ri-3～Ri-6 では、経年で河床浸食が増加するが、支川や上流に隣接する区間からの土砂供給が補い、滞留土砂量に変化が少なくなつたと考えられる。支川からの流出土砂量は、支川流域内における滞留土砂量の減少 (図-4) とともに減少傾向を示した (表-1)。Ri-2 では、主要な土砂供給源となる支川から下流へ1～7km 離れており、支川からの流出土砂量の減少につれて、上流の変化の影響を直接受けにくくなった。これにより、上流からの流出土砂量が減少し、H19L.P.測量以降、滞留土砂量が減少したと考えられる。

Ri-2 に形成された浸食断面に現れた土砂堆積層の粒径は、最大で 5cm 程度であるが、Ri-3～Ri-5 の河床には最大粒径 30～50cm、Ri-6 には 50～100cm の大径礫がみられる。Ri-2 において粒径 5cm 以下の細かな土砂が堆積した原因は、上流域において細粒土砂が選択的に供給されたこと、細粒土砂が長い距離移動して、河床勾配が下流方向に減少する Ri-2 に堆積したものと考えられる。H19L.P.測量以降、Ri-2 において滞留土砂量が減少した原因は、上流からの流出土砂量の減少に加えて、細粒土砂の堆積物が浸食を受けやすかったことによるものと思われる。また、支川流域には、まだ、多くの滞留土砂が残るが、支川からの流出土砂量が減少した理由の一つとして、河床材料が粗粒化し、小規模な出水では浸食され難くなったことが考えられる。よって、経年で土砂の供給源の変化や滞留土砂量の変化は、堆積土砂や移動土砂の粒径の違いに大きく影響を受けていることを示している。

今回の調査により、Sediment pulse に与える土砂供給源との距離や供給土砂量の経年変化の影響が把握された。今後、粒径の調査を実施し、支川土砂流出の影響を解析し、水系における Sediment pulse の変化実態を明らかにしていきたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、室蘭土木現業所静内総合治水事務所 奥田 剛之氏には、貴重なご意見をいただきました。また、(株)シン技術コンサルの関係職員の方々には、データ整理など多大なご協力をいただきました。ここに、御礼申し上げます。

参考文献

北海道室蘭土木現業所 (2009) : ウエンテシカン川砂防工事土砂流出形態調査 報告書, p.44-73.

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・樽林基弘・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.

宮崎知与・山田 孝・丸谷知己 (2008) : Sediment pulse 発生後における土砂の波状移動と分級現象, 砂防学会誌, Vol.61, No.2, p.5-15.

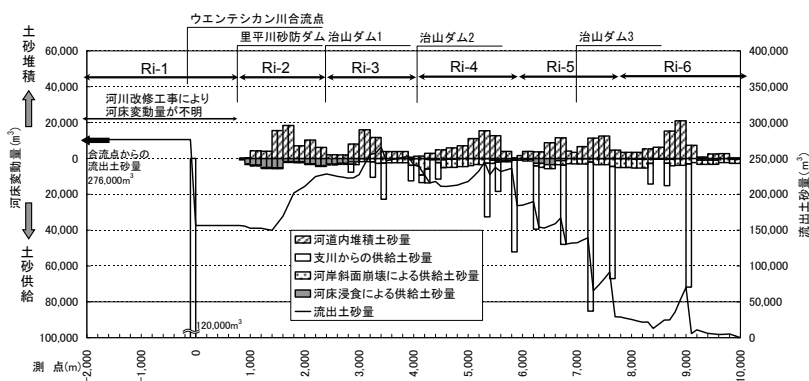


図-2 供給土砂量・堆積土砂量分布図

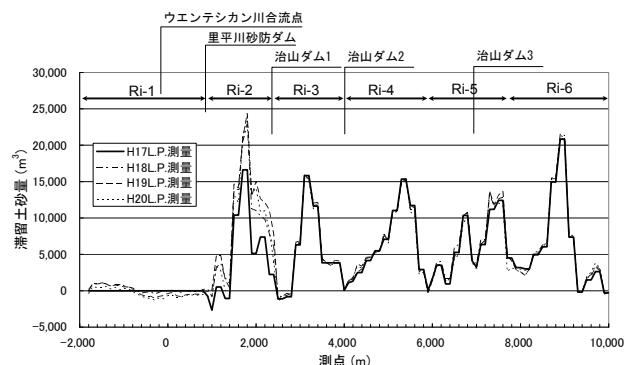


図-3 Sediment pulse の波形変化図

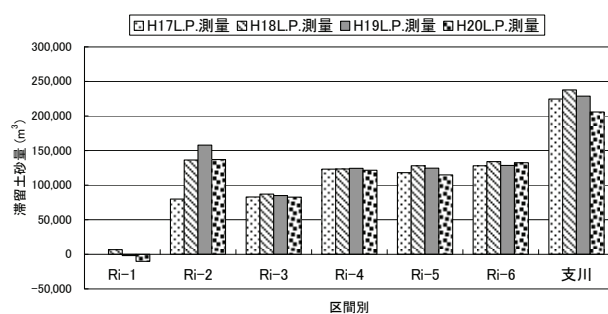


図-4 区間別の滞留土砂量変化