

大雨が頻発した11年間のモニタリングから把握された土砂生産・流出の動態

宮崎大学農学部 ○清水 収, 吉永子規

1. 目的と調査方法

一豪雨時の土砂生産・流出の実態のみならず、それらの時系列的な動態を把握する目的で、北海道沙流川の小流域において流域スケールのモニタリングを実施している。沙流川では1992年8月(台風10号から変わった低気圧)、2001年9月(前線と台風15号)、そして2003年8月(台風10号)と、これまでの雨量記録を塗りかえる規模の豪雨イベントが近年頻発している。モニタリングがこの期間に巡り合わせたことから、繰り返し発生する土砂移動を時系列的に計測することができた。ここでは、これまでの土砂移動経過に基づき土砂生産・流出の特徴を述べる。

調査地は沙流川本川に側方から流入する小支川のルベシュベナイ川(流域面積2.1km²)とパラダイ川(同2.1km²)である。前者は沙流川中流区間に、後者は沙流川下流区間に位置し、両者は約30km離れている。今回報告する調査内容は、まず、両支川に設定した調査区間(ルベシュベナイ川:本流1900mと途中から分岐する支流450mの合計2350m, パラダイ川:本流1480mと途中から分岐する支流350mの合計1830m)における河床変動である。調査区間に50m間隔で設置した固定横断測線において縦横断測量を行い、豪雨前後の2回の測量結果を比較することによって河床変動量を計測した。次に、土砂生産状況については、空中写真判読と現地計測による斜面崩壊量調査、上記調査区間以外の小支流における堆積・洗掘量の現地計測である。

2. 1992年から2003年までの河床変動の推移

ルベシュベナイ川では5回、パラダイ川では3回の土砂移動が発生したが、これらの土砂移動の経過を以下に説明する。各移動イベント後の河床変動量の計測結果を図-1と図-2に示すが、図は1992年土砂移動の発生前を初期状態(土砂量ゼロ)として、各移動イベントの河床変動量を積算(堆積はプラス、洗掘はマイナス)していった値で示している。文中のR2dは2日雨量、Rdは最大日雨量、Rhは最大時間雨量(単位はいずれもmm)を示す。

2.1 ルベシュベナイ川

1992年8月移動(R2d:198, Rd:169-既往4位, Rh:32-既往2位) 上流の一部区間で河床洗掘(総量5,100m³)が生じたが、その他の大部分の区間で大量の土砂堆積(総量47,500m³)が発生した。前年に新設された220m地点の小規模治山ダム(高さ2m)が満砂し、これより下流は河床変動が生じなかった。この時の土砂生産は流域全体で101ヶ所発生した斜面崩壊が主体で、崩壊土砂量から残土量を差し引いた河道流入量は35,200m³であった。

1997年8月移動(R2d:151, Rd:104, Rh:24) 1992年移動による堆積土砂が300m~本流1200m区間において幅5m程度、深さ1m程度の溝状流路を刻まれて洗掘され(総量4,300m³)、その土砂が下流側220m~0m区間を平均厚1mで埋積した(総量4,800m³)。洗掘から堆積までが調査区間内ではほぼ収まっていた。この時に新たな斜面崩壊は発生していない。

1999年7月移動(R2d:142, Rd:102, Rh:10) 220m~0m区間の1997年移動による河床埋積土砂に幅15m程度、深さ1m程度の溝状流路が刻まれて洗掘され(総量3,000m³)、その土砂は沙流川本川に流出した。その他の区間で河床変動はなく、新たな斜面崩壊も発生していない。

2001年9月移動(R2d:259, Rd:201-既往2位, Rh:17) 1992年堆積土砂の河床洗掘が引き続き発生し(総量12,100m³)、600m~本流1700m区間で深さ1m、幅5m程度だった溝状流路が幅20m程度に拡幅した。移動した土砂は220m~0m区間において1999年の洗掘部を埋め戻し(堆積総量3,700m³)、さらに沙流川本川に流出した。日雨量と2日雨量で1992年を上回る豪雨であったが、斜面崩壊などの土砂生産がほとんど発生しなかった。

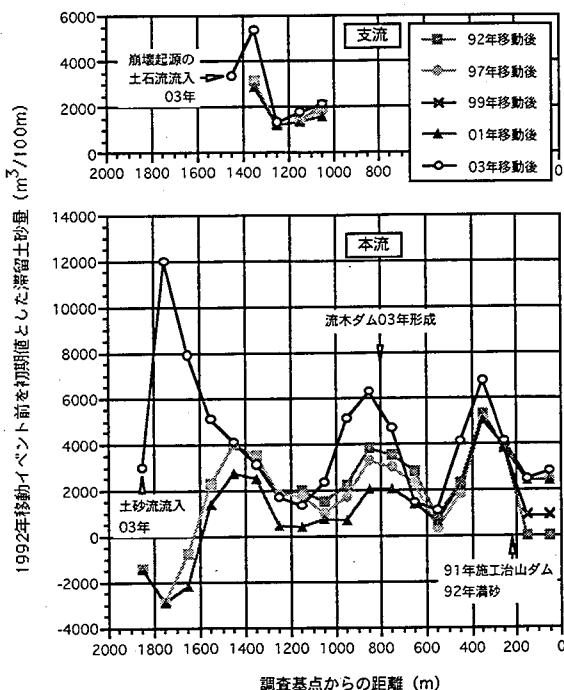


図-1 ルベシュベナイ川における滞留土砂量分布の推移

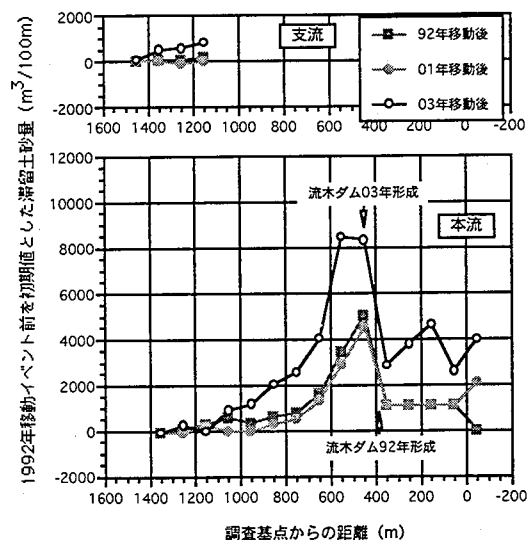


図-2 パラダイ川における滞留土砂量分布の推移

ことにより、河床洗掘のみが卓越したと判断される。

2003年8月移動 (R2d:354, Rd:308-既往1位, Rh:45-既往1位) 2001年を大きく上回る既往最大の豪雨となった。ほぼ全区間で大量の河床堆積が発生し(総量 65,100m³)、河床洗掘は局所的でごく少量(総量 2,600 m³)であった。本流 1850m~1600m 区間は一小支溪から発生した大規模土砂流により堆積厚 4~5m で埋積された(区間堆積量 29,300 m³)。また、支流 1500m 地点では大規模な崩壊(崩壊土砂量 40,000 m³)からの土石流が発生し、26,000 m³の土砂が区間に流入した。土砂供給源の大部分はこの2ヶ所であった。今回大規模な土砂生産が発生したことによって、これまでは1992年堆積土砂が河床洗掘を続けてきたが、その上に新たな土砂堆積が生じ、河床状況はリセットされたようにみなされる。

2.2 パラダイ川

1992年8月移動 (R2d:205, Rd:176-既往4位, Rh:54-既往1位) 0m~1100m 区間に大規模な土砂堆積が発生した(総量 17,800m³)。特に 380m 地点に高さ 2m の流木ダムが形成され、上流の長区間にわたって河床上昇した。河床変動は 0m 地点より下流には及んでいない。この時の土砂生産は、流域全体で 86ヶ所発生した斜面崩壊によって 14,400m³ (生産量全体の7割)が河床に供給され、残りの3割は小支流での河床洗掘によって供給された。

2001年9月移動 (R2d:313, Rd:291-既往1位, Rh:34) 1992年移動で形成された流木ダム(380m 地点)の上流区間で堆積土砂が幅 20~6m、深さ 0.6~0.3m 程度で浅く洗掘され(総量 3,500m³)、その移動土砂は下流の 0m~80m 区間に多くが堆積し(総量 2,100m³)、残りは沙流川本川に流出した。この時の崩壊などによる土砂生産はわずかである。日雨量と2日雨量で1992年を大きく上回る既往最大の豪雨であったが、土砂移動はごく小規模な結果となり、河床洗掘が少なかった理由として流木ダムが強固であったこと、1992年に形成された河床堆積勾配(1.7%)が安定勾配に近いと想像されること、が指摘される。

2003年8月移動 (R2d:254, Rd:242-既往2位, Rh:42) 日雨量と2日雨量で2001年豪雨に次ぐ既往2位の豪雨であった。ほぼ全区間で大量の土砂堆積が発生し(総量 33,900m³)、河床洗掘はごく少量(総量 1,600m³)であった。450m 地点に新たな流木ダム(高さ 2m)が形成され、上流の長区間にわたって河床上昇した。また、これより下流でも大規模な堆積が発生した。結果的に、大量に残存していた1992年堆積土砂は、新規堆積土砂で完全に埋積された。今回の土砂生産は1992年のような新規斜面崩壊ではなく、調査区間に側方流入する多数の小支溪(短小で急勾配の1次谷流路)における谷床堆積物(元々は崖錐堆積物と思われる)のガリー状洗掘であった。

3. これまでの経過から把握された土砂生産・流出の動態

図-3に調査区間における河床滞留土砂総量の1992年から2003年までの推移を示す。これを参照しながら、今までの経過から見てきた土砂生産と河床変動の動態について説明する。

3.1 土砂生産の動態

大規模な土砂生産とその結果としての大規模河床堆積が発生した点で、1992年移動と2003年移動とは類似している。両イベントの規模を河床滞留土砂の増加量と比較すると、2003年が1992年に比べルベシュベナイ川で1.5倍、パラダイ川で1.8倍と大きく、このことは2003年豪雨が1992年豪雨に比べ雨量が多かったことと調和している。

ただし、土砂生産の様式は両イベントで異なっていた。その理由として、両流域とも表層崩壊の発生臨界条件に達した不安定な斜面は1992年豪雨の際にその多くが崩れてしまい、その結果2003年には表層崩壊が少なく別な土砂生産プロセスが顕在化した、という可能性が想定できる。

また、土砂生産の発生・非発生そのものが降雨規模と対応しない場合もある。それは日雨量と2日雨量ともに多かった2001年豪雨であり、敢えて理由を考えると最大時間雨量の少なさが原因なのかもしれない。

3.2 河床変動の動態

1992年と2003年のように多量の土砂生産が発生すると、河床変動は大規模堆積・河床上昇を示すが、土砂生産が非発生の豪雨イベントでは、河床上昇を引き起こしていた滞留土砂が洗掘を受け排出されていく。図-3では、上流での洗掘から下流での再堆積までが区間内で収まったルベシュベナイ川1997年移動とパラダイ川2001年移動は、滞留土砂量の変化が小さく表現されてしまうが、滞留土砂の挙動の全体傾向としては、1992年以降2003年以前まで河床洗掘による滞留土砂量の減少が続いてきた。

河床変動の発生・非発生に注目すると、1992年以降、ルベシュベナイ川では1992年雨量よりも少ない2日雨量140mm程度がしきい値雨量とみられるのに対し、パラダイ川では1992年の雨量(2日雨量205mm)がしきい値となっており、これを超える雨量で河床変動が発生している。この違いは、1992年土砂移動によって形成された河床状況の安定度の違いに起因するものと推察される。ルベシュベナイ川では1992年堆積土砂の安定度が低く、河床が安定な状態に向かうように土砂が排出されていくのに対して、パラダイ川の場合は特異的であり、大規模堆積の契機となった流木ダムが強固なため、これを形成した1992年の降雨規模がしきい値となったと考えられる。

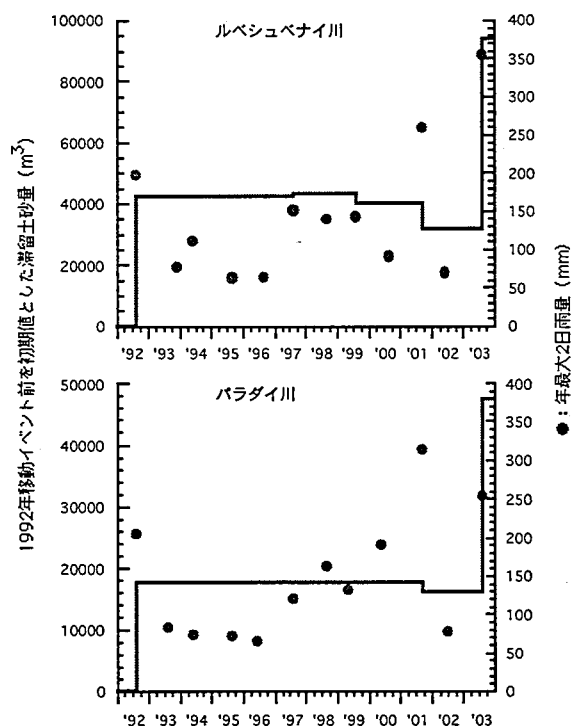


図-3 調査区間における滞留土砂総量の推移