

1991年雲仙水無川における土石流の特性

九州大学大学院 学生員 ○宮島正悟

九州大学工学部 正 員 平野宗夫 橋本晴行

1. まえがき

1991年5月15日、水無川において最初の土石流が発生し、多量の土砂が河道を流下した。次いで5月19日にも土石流が発生し、人的被害はなかったものの、2箇所では橋梁を流出するなどの被害をもたらした。

本研究は、水無川において5月に発生した土石流の中で、5月15日および5月19日の土石流について流砂濃度や流量などについて検討を行ったものである。

2. 土石流の流下・堆積状況

図-1は5月16日撮影の航空写真をもとに描いた土石流流下河道の平面図、図-2は地形図より求めた河道縦断面図である。河床勾配などの地形的特性をもとに本川河道を3つの区間に分ける。河床勾配 $\theta_0=30.2^\circ\sim10.4^\circ$ で、源頭部 O_m から滝までの上流河道[I]、 $\theta_0=10.2^\circ$ で滝から平原橋付近までの区間で、砂防ダムの存在する中流河道[II]、 $\theta_0=3.9^\circ\sim1.9^\circ$ で、平原橋付近から河口までの下流河道[III]である。河道区間[I]、[II]で土砂の侵食・流下が、区間[III]で大量の堆積土砂が顕著であった。その堆積土量は表-1に示される。また、表中の土石流継続時間は地震計の振動波形から判断したものである。

1991年5月24日に採取した堆積土砂の粒度分布特性を図-3に示す。同図には、赤松谷支川の取水堰(St.E)での堆積土砂および7月27日降灰(島原市立第4小学校で採取)の粒度分布も示されている。赤松谷取水堰の堆積土砂は $d_{50}=0.01\text{mm}$ のシルトで、降灰と同様な分布特性を示すことから、その起源は普賢岳山頂部の降灰であることが類推される。一方、本川下流河道[III]の堆積土砂は $d_{50}=2\sim5\text{mm}$ の細礫で、シルトなどの微細成分は少ない。しかしながら、流下中の土石流に対して撮影されたビデオや写真(5月19日撮影)によると、土石流は泥流の傾向が強い。従って、土石流中の微細成分は堆積することなく海へ流出したものと考えられる。

3 流砂濃度

赤松谷取水堰における大量の堆積土砂が山頂部の堆積火山灰の流出の結果であるとなると、山頂部には大量の火山灰が堆積していたことが推定される。このような状況においては、わずかな降雨に対しても、表面流の生起に伴い、まず限界掃流力の小さな火山灰が移動を

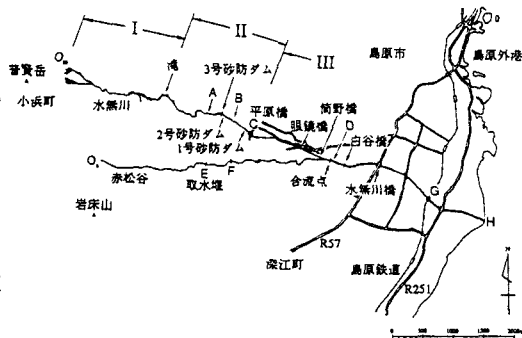


図-1 5月15日の土石流流下河道の平面図

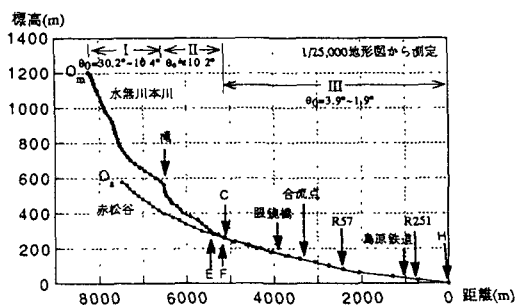


図-2 水無川の縦断面図

表-1 土石流の特性

発生月日	1991.5.15	1991.5.19
発生時刻 (ワイヤレスセンサーの設置時刻)	01:48	13:39
先行雨量	19.0mm	28.0mm
発生前最大時間雨量	14.0mm	9.5mm
堆積土砂量	約63,000m ³	30,000m ³ ～約55,000m ³
土石流継続時間	155分	40分

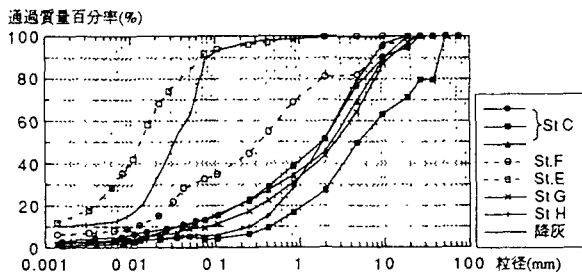


図-3 堆積土砂の粒度分布

開始して小規模な泥流が発生し、ついでこれが限界掃流力の大きな砂礫の移動を引き起こして規模を増大させ、土石流の形成に至ったものと考えられる。

その土石流における砂礫間隙中の微細土砂濃度 C_f' の評価が問題であるが、水路実験により求められた平衡状態の流砂濃度で便宜上代用すると $C_f'=0.1\sim0.3^{1)}$ となり、平均的には $C_f'=0.2$ と推定される。その結果泥水比重 $\rho/\rho_p=\frac{\alpha}{\rho}C_f'+(1-C_f')$ となる。この高密度流体が砂礫を輸送したものとすると、砂礫濃度は高橋²⁾の式により求められる。ここに動摩擦係数 $\tan\phi=0.83^{3)}$ とする。さらに全流砂濃度は $C_t=C_{cs}+(1-C_{cs})C_f'$ によって求められ、表-2のようになる。下流河道[III]から海へ流出する砂礫の濃度 C_{cs} は微小となり、ほとんどの砂礫が区間[III]に堆積したものと推定される。これは区間[III]における大量の堆積土砂の観察と一致する。

4. 流量の推算

図-4(a)は5月16日撮影の写真より推定した河道の横断面と土石流の痕跡水位、また図-4(b)は5月19日撮影の写真およびビデオより求めた撮影時の土石流水位である。本川河道における堆積土砂の粒径は $d_{50}=2\sim5\text{mm}$ であり、いずれの流れも径深・粒径比 $R/d\geq 95$ である。全流砂濃度は表-2より $C_t=0.42\sim0.27$ である。従って流速係数は $\bar{u}/u_*\approx 10$ と判断される¹⁾。これを用いて、断面平均流速 $\bar{u}$ 、流量 Q_t を求めると、図中に示す結果となる。St.AからBにかけて流量が半減しているが、これはその間の砂防ダムによる土砂の捕捉の結果と推定される。また、図-4(b)下図は段波到達時の水位であり、その波速は約8m/sであった。これは求められた断面平均流速とはほぼ一致している。

前節3.においては、下流河道[III]から海への流出

砂礫は少なく、そのほとんどは河道区間[III]に堆積したと推定されている。従って、砂礫濃度 C_{cs} 、堆積土砂量 V_s 、土石流の継続時間 T_D を用いると平均流量 $Q_t=V_s/C_{cs}/(T_D C_{cs})$ を求めることができる。ここに C_{cs} は最密充填濃度で $C_{cs}=0.75$ とおく。その結果5月15日の場合 $Q_t=18.4\text{m}^3/\text{s}$ 、5月19日の場合 $Q_t=45.3\text{m}^3/\text{s}$ となり、図-4中の推定値と同様な値となり、その推定は妥当であると思われる。

5 あとがき

堆積土砂量と土石流継続時間をもとに、流砂濃度、流量について平均量を推算し、ピーク流量などとの比較を行った。今回は5月15日および5月19日の土石流に関して検討を行ったが、今後は6月に発生した土石流に関する検討に加え、数値解析による再現計算を行う予定である。最後に本研究を行うにあたり、気象庁雲仙岳測候所、陸上自衛隊、長崎県島原振興局、島原市、NHK、長崎放送、共同通信社、九州大学理学部付属島原地震火山観測所の方々より貴重な資料を提供して戴いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 平野宗夫・橋本晴行・田崎武詞・峯敏雄・高尾直徳・八尋和郎(1989): 泥流の特性に関する実験的研究、土木学会第44回年次学術講演会。

2) 高橋保(1977): 土石流の発生と流動に関する研究、京都大学防災研究所年報、第20号B-2。

3) 平野宗夫・橋本晴行・峯敏雄・福富章・バルー・ムハマド・サレー(1991): 高濃度の泥水によって発生する土石流の特性、水工学論文集、第35巻。

表-2 各河道区間における流砂濃度

	I	II	III
θ_0	$30.2^\circ \sim 10.4^\circ$	10.2°	$3.9^\circ \sim 1.9^\circ$
C_f'	0.20	0.20	0.20
ρ'/ρ	1.334	1.334	1.334
C_{cs}	~ 0.283	0.276	$0.089 \sim 0.042$
C_t	~ 0.427	0.421	$0.271 \sim 0.233$

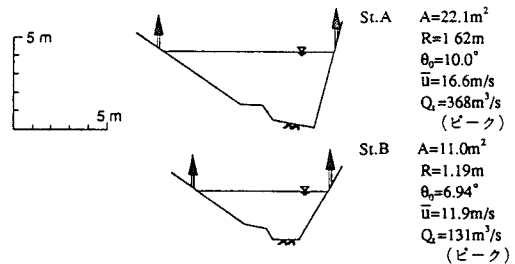


図-4(a) 5月15日の土石流の痕跡水位と河道横断面図

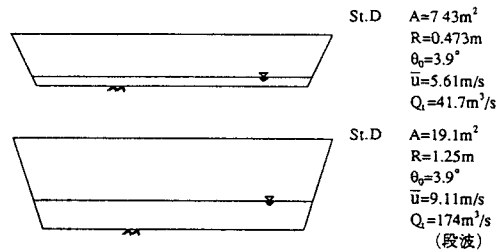


図-4(b) 5月19日の土石流の水位と河道横断面図