

近畿技術コンサルタント株式会社 正会員 ○安東 容輔
立命館大学理工学部 正会員 江頭 進治
アジア航測株式会社 前田 禎
立命館大学大学院 学生員 中西 史尚

1. はじめに 山形県最上川支川立谷沢川支溪濁沢流域で、平成5年6月に起きた地滑りによって河道に堆積した土砂が土石流となって流出した。本研究は、数値計算によって土砂出現象を再現することを目的とする。濁沢は山形県西部の月山付近を源流とする溪流で、月山周辺は冬の間に多量の雪が積もり夏まで雪が残る。そのため融雪出水期の流量は年間の総流量の40～60(%)を占める。融雪出水が土砂流出に対して与える影響は大きい。地すべりにより生産された土砂は一旦河道に堆積し、その後、水の供給を受け土石流・土砂流(掃流)を形成して、約3(km)下流まで流出した。なお、地滑りによる生産土砂量は、推定で約1,685,000(m³)であり、このうち約10万(m³)が土石流となって流出した。

2. 一次元支配方程式 混合物を構成する砂粒子も水も伸び縮みがないものとし、水路床に沿って流れ方向に x 軸をとり、矩形断面の水路を想定し河幅を B とすると、水と砂礫の混合物および砂礫に関する質量保存則は、それぞれ次のようになる¹⁾。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial U h B}{\partial x} = \frac{E}{c_s} \quad \dots (1) \quad \frac{\partial c h}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial c U B h}{\partial x} = E \quad \dots (2)$$

ここで、砂礫の侵食・堆積の際には水も同時に取り込んだり、放出したりすることを考えている。 h は流動深、 U は平均流速、 E は侵食速度($E < 0$ のときは堆積)、 c は土砂の体積濃度、 c_s は静止体積濃度。運動量保存則および河床変動式は、次式のようである。

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} = g \sin \theta - \frac{1}{\rho_m} \frac{1}{h} \frac{1}{B} \frac{\partial B P}{\partial x} - \frac{U E}{c_s h} - \frac{1}{\rho_m} \frac{\tau_b}{h} \quad \dots (3) \quad \frac{\partial z_b}{\partial t} = - \frac{E}{c_s \cos \theta} \quad \dots (4)$$

ここに、 θ は x と水平とのなす角度、 g は重力加速度、 ρ_m は混合物の密度、 P は圧力、 z_b は水平線から測った河床高である。河床せん断抵抗と侵食速度は、江頭らの式^{2), 3)}を使用する。

3. 計算結果 計算はTWO-STEP LAX-WENDROFF法を用いて行った。計算条件は、 $\Delta t = 0.02(\text{sec})$ 、 $\Delta x = 4(\text{m})$ 、砂礫の密度 $\rho_s = 2.65(\text{g/cm}^3)$ 、摩擦係数 $\mu_k = 0.6$ 、静止体積濃度 $c_s = 0.5$ 、代表粒径 $d = 0.04(\text{m})$ 、上流端流入流量 $Q_0 = 10(\text{m}^3/\text{sec})$ 、上流端流入濃度 $c_0 = 0.05$ としている。初期の河道縦断形状には、図1の経過時間0(sec)の線を用い、河幅には図3に示す計算幅を使用している。なお、計算対象区間には、計9基の砂防ダムがあり、最下流端を除いて、全て満砂している。

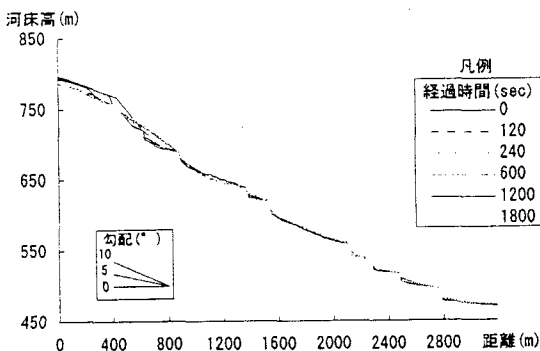


図1 河床の縦断形状

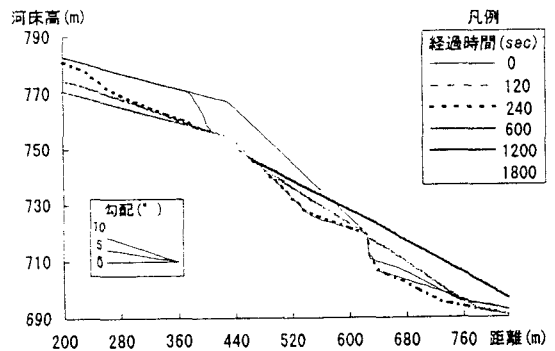


図2 発生域における河床縦断図

Yousuke ANDO, Shinji EGASHIRA, S.MAEDA, Fuminao NAKANISHI

河床縦断形状に関する計算結果を図1、2（図2は発生源付近の拡大図）に示し、各地点の流量および土石流濃度に関する計算結果を図4、5に示す。これらの図より次のことが分かる。地滑り土の堆積域の勾配変化点近傍が急激な侵食を受けて土石流が発生し、直下流の $x=500(\text{m})$ 地点でピーク流量 $450(\text{m}^3/\text{s})$ 、濃度 $0.4\sim 0.5$ 程度の土石流が形成されている。流下に伴い土砂濃度は減少するものの、 $x=1800(\text{m})$ 付近までは流量の顕著な減少はみられない。さらに下流では、勾配の減少や砂防ダム等の影響によって、流量も土砂濃度も減少し、 $x=3000(\text{m})$ 付近では、流量は $100(\text{m}^3/\text{s})$ 、濃度は $0.1\sim 0.15$ 程度になり、いわゆる土砂流的な流れに変化している。

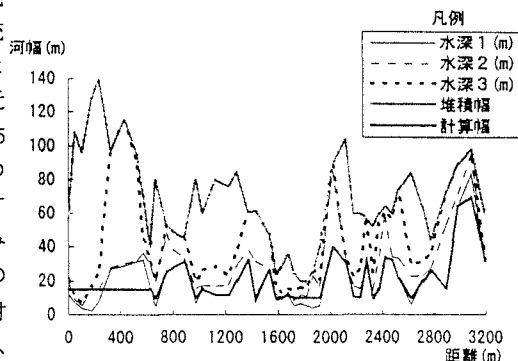


図3 水深毎の河幅

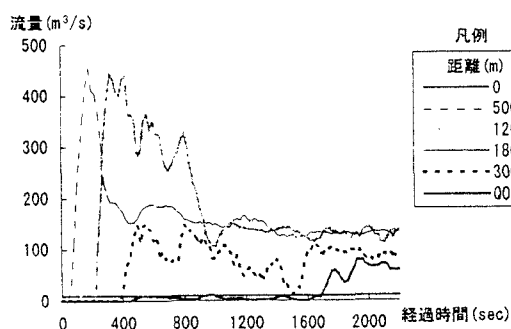


図4 各地点における土石流の流量

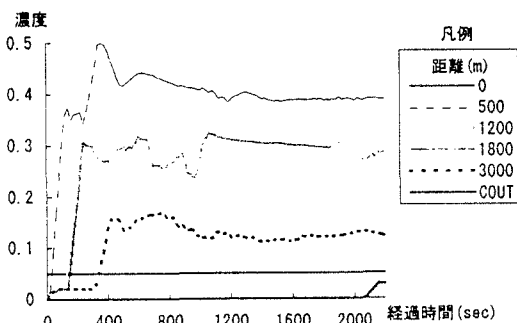


図5 各地点における土石流の土砂濃度

発生した土石流の特性値を知るため、砂防ダムの袖部の越流の有無を調べた。その結果を表1に示す。ここに、 Q_{max} は砂防ダムの水通し部の最大通水能力であり、支配断面が形成されたものとして求められている。表1の上段から5基目までのダムについてみると、最大流量は $300\sim 400(\text{m}^3/\text{s})$ 程度に推定され、下流部の5基のダムについてみると $400\sim 500(\text{m}^3/\text{s})$ 程度に見積もられる。なお、下流部で流量が大きく見積もられるのは、流路の蛇行のため流心が偏倚して袖部を越流しているからである。このことを考慮すれば、上述の計算によって土石流はほぼ適切に再現されている。

4. おわりに 濁沢土石流の再現計算を行った。計算結果を検証するための十分なデータはないが、砂防ダム袖部の越流の有無、現地調査等から得られる情報から判断して、ほぼ妥当な結果を得た。

本研究を進めるにあたり、建設省東北建設局新庄工事事務所、(財)砂防地すべりセンターに御協力いただいた。ここに記して感謝いたします。

<参考文献>

- 1) 江頭 進治、土石流の停止・堆積のメカニズム(2)、新砂防、Vol. 47 No. 2(187)、July 1993
- 2) 江頭 進治・芦田 和男・矢島 啓・高濱 淳一郎、土石流の構成則に関する研究、京都市防災研究 所年報、32 B-2、1989、pp. 487-501
- 3) 江頭 進治・芦田 和男・佐々木 浩、土石流の流動機構、第32回水理講演会論文集、pp. 485-490

表1 砂防ダム、水通し部の通水能力

距離(m)	Q_{max} (m^3/s)	越流の有無
569	243.43	有
885	412.10	無
1373	165.94	有
1532	304.95	有
2114	555.52	無
2279	419.97	有
2472	425.22	有
2776	259.47	有
3192	723.51	無