

### 支川からの土石流が本川との合流点に及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科 正会員 ○中谷 加奈, 水山 高久  
京都大学大学院農学研究科 非会員 前田 大介, 坂田 拓朗  
立命館大学理工学部 正会員 里深 好文

#### 1. はじめに

山地河川では、大きな降雨イベントが発生した際、崩壊や小規模河道閉塞の決壊、渓床堆積物の移動などが、複数の溪流から発生することがある。発生した土砂は、土石流や土砂流として流下し、本川に合流することが多い。

通常、支川における流量は少なく、本川に及ぼす影響は少ない。しかし、土石流や土砂流が発生した場合、平時と比較して大量の土砂や水の流入により本川に大きな影響を与える。本川と支川における流量ピークのずれ、土砂流出のタイミング、本支川の勾配、本支川の合流角度などが影響すると考えられる。

本研究では、水路実験によって合流角度と流量の違いによる合流部における挙動の変化を検証する。また、数値シミュレーションを実施して、水路実験結果と比較考察する。

#### 2. 水路実験

図1のように、本川・支川が45度、90度で合流する模型水路を作成した。支川の水路には、厚さ5cmで土砂を敷きつめた。使用した土砂は粒径2.9mm(一様砂)である。水路の上流端から一定流量の水を支川に25秒間、本川には60秒間、供給した。支川は0.3(L/s)と0.5(L/s)の2ケース、本川は0.3(L/s)~1.0(L/s)まで0.1(L/s)ずつ変化させた8ケースで合計16ケースの流量を設定した。ハイスピードカメラを用いて計測点A(合流点、本川下流端から1.0m上流)、並びに計測点B(Aから0.4m下流)で水位・堆積厚を計測した。支川流量0.3L/sのときの計測点A、Bでの水位変化を図2、3に示す。

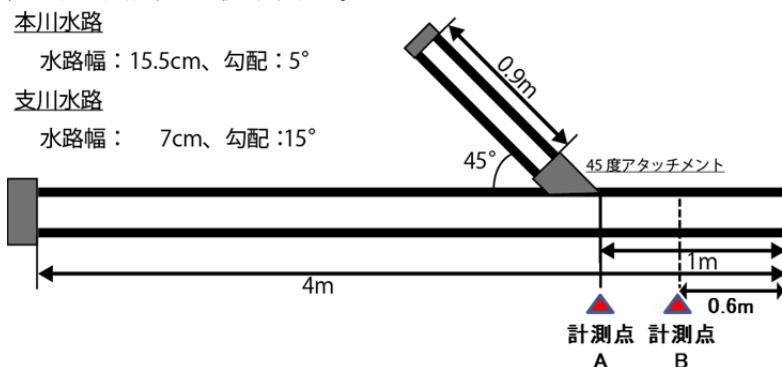


図1: 模型水路概要(45度)

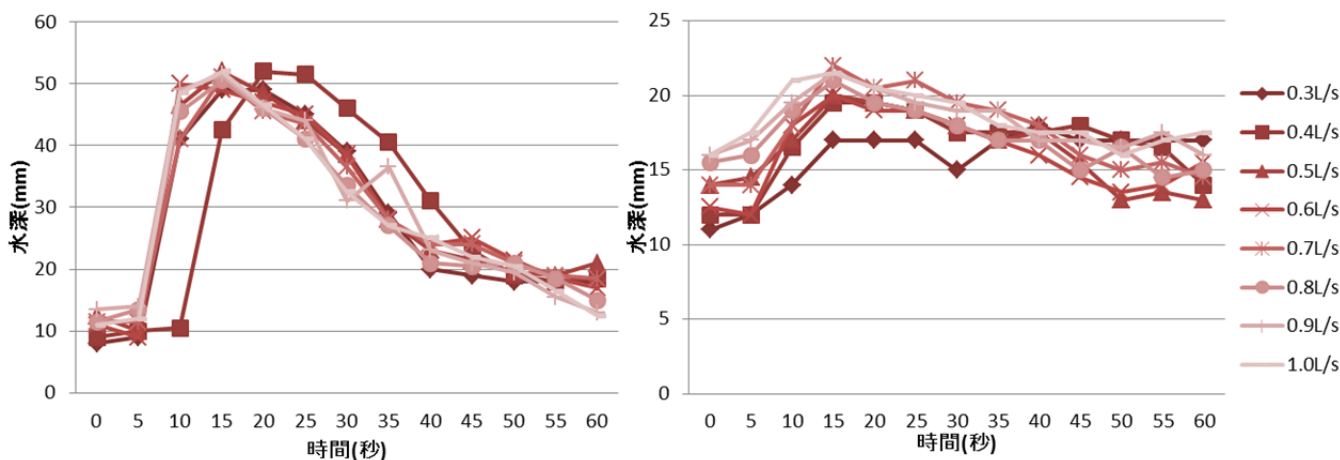


図2: 合流角度45度、支川流量0.3L/sの水位 (左図: 計測点A、右図: 計測点B、凡例は本川流量を示す)

Keyword : 合流、土石流、水路実験、数値シミュレーション、合流角度、流量  
連絡先 : 〒606-8502 京都市左京区北白川追分町、 Tel: 075-753-6493 Fax: 075-753-6088

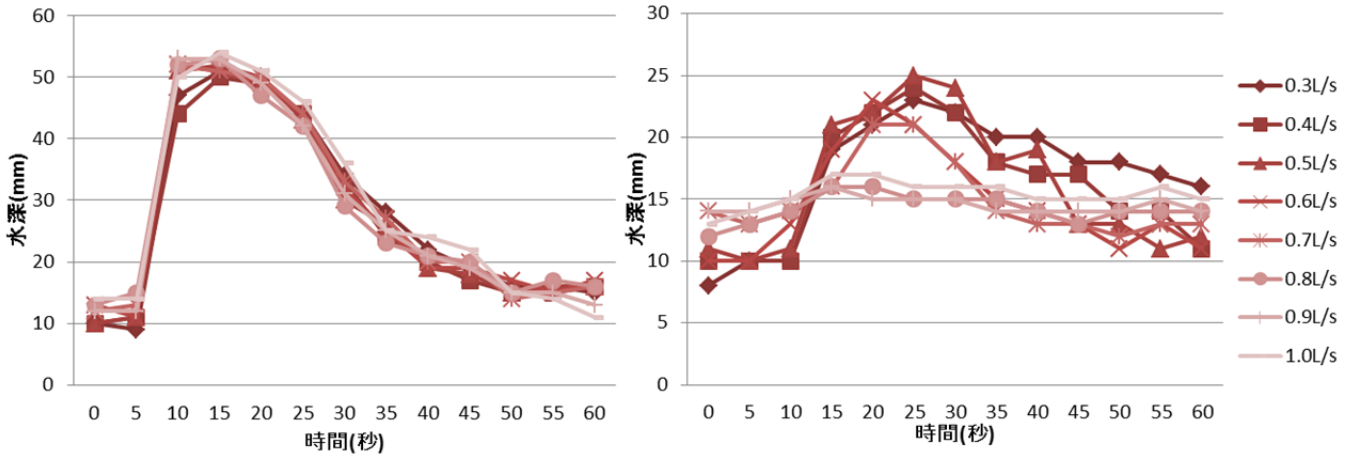


図3：合流角度90度、支川流量0.3L/sの水位 (左図：計測点A、右図：計測点B、凡例は本川流量を示す)

計測点A (合流点) では、支川からの土石流が合流した後は、支川の影響が大きく本川流量の違いによる水位の違いがほとんど見られなかった。合流角度による違いもほとんど見られない。

計測点B (合流点から0.4m下流) では、合流角度45度のときは、土石流合流後も、本川の流量が大きいほど水位が大きい。合流角度90度のときは、本川の流量が0.3~0.7L/sの比較的小さいときは、土石流が合流した後に水位の急激な上昇がみられ、このとき本川流量が小さいものの方が水位が大きくなった。土石流が本川に対して90度の角度で合流すると、45度で堆積した場合に比べて一時的に多くの土砂が合流点付近に堆積する。特に、本川流量が小さいケースでより多くの土砂が堆積していた。支川からの土石流が流れ終わると、堆積土砂が本川上流からの水で侵食されて、一気に水が流出したと考えられる。

3. シミュレーション

本研究で用いた基礎方程式を以下に示す。なお、抵抗則や侵食堆積速度式は高橋モデル<sup>1)</sup>を採用した。

(1) 水・土砂を含めた全容積の保存式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} = i$$

2) 土砂体積の保存式

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial Chu}{\partial x} = iC_*$$

(3) 運動方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -g \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h}$$

(4) 河床変動の式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i = 0$$

ここに、 $h$ ：流動深、 $u$ ：流速、 $C$ ：土砂濃度、 $H=h+z$ 、 $z$ ：河床位、 $t$ ：時間、 $i$ ：侵食・堆積速度、 $\rho$ ：間隙流体の密度、 $C_*$ ：河床堆積物の体積濃度、 $\tau$ ：河床せん断力である。

本川・支川の合流点において、それぞれの河道から合流点への流入フラックスを合流後の本川河道に与えることで接続した。図4のように、合流点の本川上流側、支川上流側にそれぞれ仮想点(河床位、水深は合流後の本川上流端と同じ)を設けて、それぞれの仮想点に流入するフラックスを合計したものを合流後の本川河道への流入フラックスとしている。なお、合流角度は考慮していない。

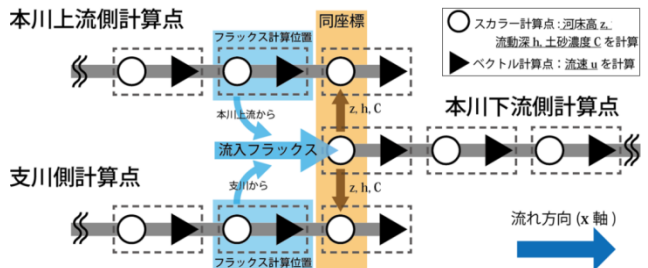


図4：合流部分における接続処理

4. 実験とシミュレーション結果

実験と同条件でシミュレーションを行った。図5は開始から25秒後の、合流部より下流側の土砂堆積結果の一例である。合流角45度では、実験値と計算値に比較的良好な相関が見られた。合流角90度では、合流部直下で土砂堆積が局所的に増大して、計算値との差が大きい。

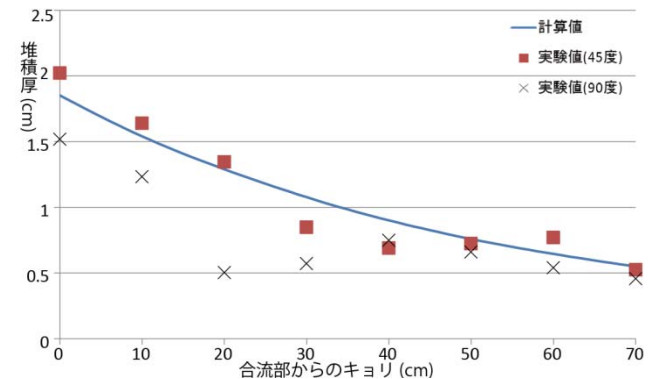


図5：支川流量0.3L/s、本川流量0.5L/sの土砂堆積結果 (25秒後)

(参考文献)

1) 高橋 (2006)：土砂流出現象と土砂害対策、近未来社、p. 178-184