

溪床堆積物再移動型土石流の発達プロセスに関する実験的研究

三重大大学生物資源学部（現北海道大学農学院） ○谷川安平

北海道大学農学研究院 山田孝

元三重大大学生物資源学部 保科朱里

1. はじめに

溪床堆積物再移動型土石流(以下、土石流)の発達プロセスについては現地観測の困難性などから未解明な点が多い。土石流の発生メカニズムについて高橋(1977)は平衡土砂濃度に至るまで、溪床からの土砂供給によって土砂濃度が増加し、平衡土砂濃度に達すれば流動深方向に一定値の土砂濃度分布となるモデルを提案した。しかし、平衡土砂濃度に達するまでの流動深方向の土砂濃度分布などについては不明な点が多い。そこで、本研究では模型実験により平衡土砂濃度に達するまでの土砂濃度変化、その間の浸食深の状況、土石流先頭部の流動深方向の土砂濃度分布を調べることで、土石流発達プロセスの考察を行った。

2. 研究方法

アクリル製実験流路(流路全長 150cm, 流路高 9.8cm, 流路幅 2.5cm)の流路底部に土砂 7cm を敷き詰め、流路上部から流量 50cm³/s で給水を行うことにより溪床堆積物再移動型土石流を発生させた。土石流の発生方法は土砂の堆積状態が流路末端から給水箇所まで土砂を均一に敷き詰めた場合の(ケース 1)と、給水箇所直下での急激な土砂侵食を軽減するため、給水箇所直下から 20cm の区間に勾配をつけ土砂を減らして敷き詰めた場合(ケース 2)の 2 ケース(図-1)を行った。

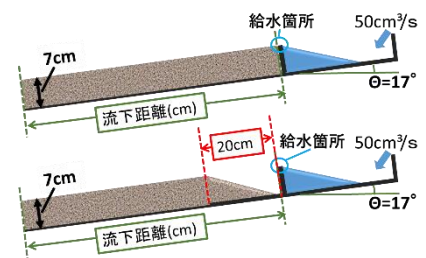


図-1 土石流の発生方法

土石流の流下に伴う土砂濃度変化と平衡土砂濃度に達するまでの距離を明らかにするため、流路末端から給水箇所までの距離をケース 1 の時は流下距離 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm, 60cm, ケース 2 の時は流下距離 30cm, 40cm, 60cm, 80cm で行った。流路末端から流出する土石流の先頭部を採取し土砂濃度を測定した。次に、実験映像により流下距離に伴う溪床堆積物の侵食深の変化を判読した。土石流流動深方向の土砂濃度分布変化を推定するうえで土砂の直接採取が困難であったため、土石流流下側面を撮影した画像の流動深方向の輝度分布に着目した。輝度が高いと土砂濃度が低く、輝度が低いと土砂濃度が高いと考えられ、輝度と土砂濃度が対応すると仮定した。輝度は次式で表される。

$$B_v = \frac{dI_\theta}{dS \cos \theta} \cdots (1)$$

ここに B_v :輝度(cd/m²), dI_θ :微小面光源の観測方向の光度(cd), $dS \cos \theta$:微小面光源の発光面積 dS の観測方向に垂直な投影面積。本実験では、 $dS \cos \theta$ を一定値としたため、土砂濃度の増加に伴い光度 I_θ が低下し、輝度が低下すると考えられる。輝度値は流路の側方からビデオカメラによって撮影したデジタル画像の解析(使用ソフト:ImageJ)によって求めた。

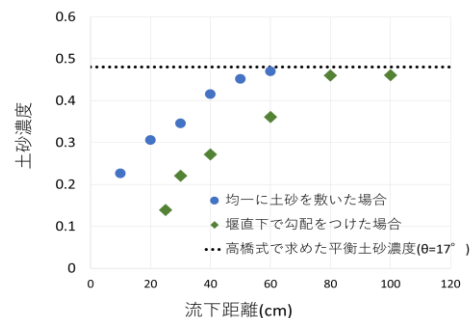


図-2 流下距離と土砂濃度変化

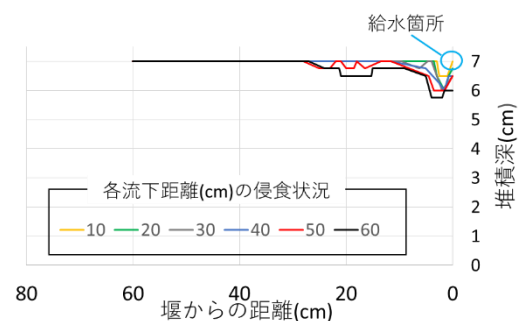


図-3 均一に敷いた場合の侵食深変化

3. 結果・考察

流路末端から給水箇所まで均一に土砂を敷き詰めた場合、給水箇所直下に勾配をつけ敷き詰めた場合の双方において土砂濃度は平衡土砂濃度に至るまで流下距離の増加に伴い増加する(図-2)。均一に敷き詰めた場合に比べて勾配をつけた場合の方が平衡土砂濃度に至るまでの流下距離が長い。これは勾配をつけた場合の方が給水箇所直下では浸食される土砂量が少ないため、土石流への供給量が減少するためと考えられる。図-3, 4 は平衡土砂濃度に至るまでの侵食深変化である。均一に土砂を敷いた場合では給水箇所から 30cm 下流、勾配をつけた場合では 35cm 下流までの間で侵食が発生したが、それより下流での溪床侵食は見られない。よって、土石流の土砂濃度を増加させるために必要な土砂は給水箇所付近の土砂であると考えられる。輝度値の解析結果を図-5 に示す。どの流下距離においても流れの底面から 2mm 程度の高さ(流動深の 1/5~1/2 程度の高さ)までは堆積層(土砂濃度: 約 0.6)に近い輝度値を取った。流下距離の増加に伴い徐々に堆積層(土砂濃度: 約 0.6)の輝度値に近い値を流動深の上部でも示すようになる。平衡状態に達した流下距離 60cm においても流動深方向に一定の値を示していない。この原因として流れの上部では照明の光が入り込むことで、輝度値が上昇したことが考えられる。

以上の結果から、今回の実験条件での土石流先頭部の発達プロセスの概念モデルを図-6 に示す。土石流先頭部の流れの底面付近は土石流発生箇所付近においても平衡土砂濃度に近いために溪床を侵食できない。平均的な土砂濃度が流下に伴って増加するのは、給水箇所付近で急激に侵食にされた土砂が土石流の流れにとりこまれることによるもので、発達に伴い流動深方向の深部から上部へと平衡土砂濃度に近似していくことが考えられる。

4. 結論

本実験結果から以下の結果が得られた。①土石流の発生方法の違いに関わらず、土砂濃度は平衡状態まで流下距離増加に伴い増加した。②どちらの場合においても、土石流先頭部による溪床侵食は発生しない。土石流先頭部の平均的な土砂濃度が流下に伴って増加するのは、土石流への土砂供給は給水箇所付近の侵食土砂が土石流に取り込まれることによるものである。③輝度値の解析から土石流の発達初期においても流れの底面付近はすでに平衡土砂濃度に近いと考えられ、土石流先頭部の流下距離の増加に伴い流動深の上部でも堆積層の輝度値に近づく。

【参考文献】

- ・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,P.405-435
- ・高橋保(2004):土石流の機構と対策,近未来社,P.45-172

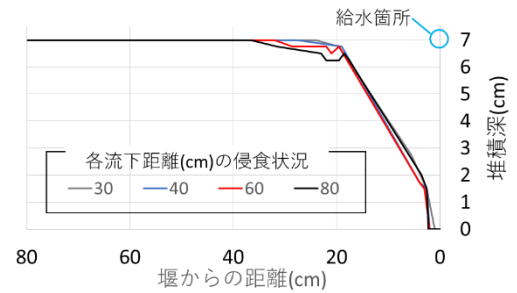


図-4 勾配をつけた場合の侵食深変化

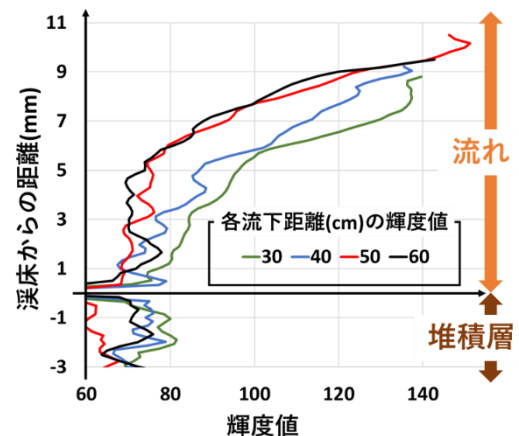


図-5 流下距離と輝度値変化

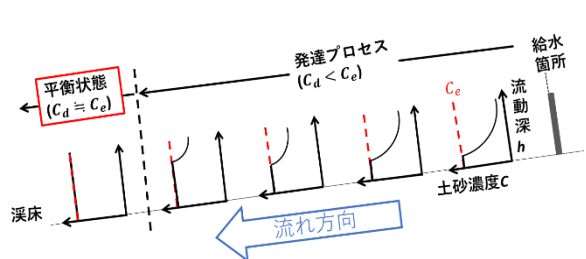


図-6 土石流発達の概念モデル