

# 山地急流河川において河岸粗度の変化が河床安定に及ぼす影響 Effects of Changes in Riverbank Roughness on Riverbed Stability in Mountain Torrent Rivers

高橋雄馬\* 小島信彦\*  
TAKAHASHI Yuma\* KOJIMA Michihiko\*

## 1. 背景・目的

自然度の高い山地河川では、step-pool と呼ばれる特徴的な河床構造が形成されており、巖島ら(2017)はこの構造が河床安定に効果的であることを示している。しかし、河道修復や災害復旧の際に護岸整備がなされると、それまでの step-pool 構造が流失し、河床低下が進行する河川も少なくない。原田ら(2019)はこの点に着目し、水理模型実験により川幅の変化や河岸粗度の有無が step-pool 構造の形成に大きな影響を与えることを示した。一方、粗度の大きさについては検討されていない。本研究は、河岸の粗度の違いが、河床安定や土砂流出に与える影響を明らかにしたものである。

## 2. 実験装置・方法

実験装置(図 1)は原田ら(2009)の研究を参考に、長さ 6.0m、幅 0.3m、高さ 0.2m の矩形断面水路とした。水路勾配は Montgomery ら(1997)が示した step-pool が最も形成されやすいとされる 1/20 に設定した。この水路の上・下流側各 1.0m を除く中間の 4.0m を実験区間とし、厚さ 0.09m で平坦になるよう土砂を敷き詰めた。使用する土砂は、滝沢ら(1998)の実験により示された、step-pool が形成されやすい粒度分布とされる Talbot 型分布となるよう配合した。

河岸の粗度を変化させるために、原田らの研究と同様に粗度板を製作し、水路の両脇に配置した。粗度板は長さ 100cm、高さ 20cm、厚さ 2.5cm の型枠にインスタントセメントを流しこみ、そこに礫を入れたものとした。粗度板は 3 種類製作し、それぞれセメントの量を 6kg、5kg、4 kg、使用する礫を、礫なし(粗度なし)、粒径 9.5mm(粗度小)、粒径 19.5mm(粗度大)と変化させた。

実験は平坦水路床から開始し、無給砂で行った。実験流量は、2段階の流量( $Q_1=3.4\text{L/s}$ 、 $Q_2=11.7\text{L/s}$ )をそれぞれ通水 2 分間通水した。これは小規模の出水を数回受けたのち、最大粒径まで移動しうるような規模の出水を受ける状況を想定したものである。流量  $Q_1$  と  $Q_2$  は滝沢ら(1998)の研究を参考に、平均粒径礫の限界摩擦速度を岩垣式(1)、最大粒径礫の限界摩擦速度を Egiazaroff 式(2)から求め流量を決定した。ここで、 $u_{*c}$ :限界摩擦速度、 $\tau_{*ci}$ :任意粒径の無次元限界掃流力、 $\tau_{*cm}$ :平均粒径の無次元限界掃流力、 $d_i$ :任意粒径、 $d_m$ :平均粒径である。

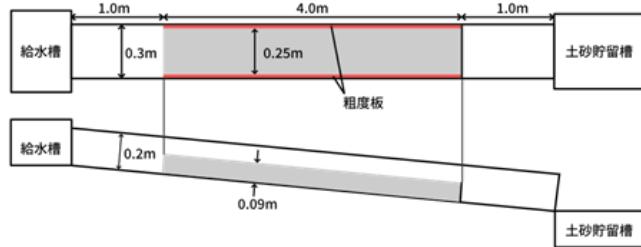


図 1 実験装置図

Fig.1 Test Apparatus

$$u_{*c}^2 = 80.9d \quad (1)$$

$$\frac{\tau_{*ci}}{\tau_{*cm}} = \left[ \frac{\log_e 19}{\log_e (\frac{19d_i}{d_m})} \right]^2 \quad (2)$$

\*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University キーワード 河川工学 土砂水理 水理模型実験

通水の様子はビデオカメラで記録し、水路内に設置したスケールから1回ごとの水位を読み取った。Q1、Q2の出水後それぞれ流出した土砂を乾燥させたのち、ふるい分けをして質量を記録した。また、水路床縦断形状をポイントゲージにより水路中心線に沿って計測した。

### 3. 実験結果・考察

土砂流出量と粒度分布の関係を図2に、ポイントゲージで計測した水路床縦断図を図3、4に示す。各実験条件の表記は、流量と粗度の有無 (R:Rough, S:Smooth)、粗度の大小 (s:small, l:large) を示す。

図2から分かる通り、Q1のような小規模の出水では、水路床の洗堀が大きく進まず、いずれのケースでも比較的安定していた。一方でQ2のように最大粒径まで移動しうるような出水状況では、粗度の大小により土砂流出量および水路床縦断形状に大きな差がみられた。Q2RsとQ2R1の縦断形をよくみると、一度上側に積みあがってすぐ下側に掘られる step-pool 構造がいくつか形成されていることが確認できる。Q2RsとQ2R1がQ2Sより土砂流出量が抑えられたのはこのためだと考えられる。河岸粗度があることで、流れ出た礫が河岸に引っ掛かり、そこを起点として礫がいくつも積み重なることで step-pool 構造が形成されているものと思われる。粗度が大きいほど河岸に引っ掛かりやすくなるため、その分 step-pool 構造も形成されやすくなり、水路床安定および土砂流出量の減少に繋がったものと考える。

### 4. おわりに

河岸の粗度の大小で、step-pool 構造の形成されやすさに差が生じ、それが河床安定や流出土砂量に影響を及ぼすことが明らかになった。ただし本研究はある仮定した条件での実験であり、粗度板の評価方法の確立など、実河川への応用にはさらなる検討が必要である。

＜引用文献＞原田, 塩澤, 國島(2019)：山地急流河川における川幅と河岸粗度が河床安定に及ぼす影響, 河川技術論文集, No25, pp699-704. 嶽島, 佐藤, 西田, 真田, 坂田, 島谷(2017)：山地河川における step-pool 構造に関する既往の知見と河川技術への応用, 応用生態工学 19(2), pp. 165-180 Montgomery, D. R., Buffington, J. M(1997) : Channel-reach morphology in mountain drainage basins, Geological Society of America Bulletin, 109(5), pp596-611. 竜澤, 林日, 長谷川(1998) : 溪流河川における河床砂礫の混合特性と階段状河床形の形状特性. 水工学論文集, 42, pp. 1075-1080.

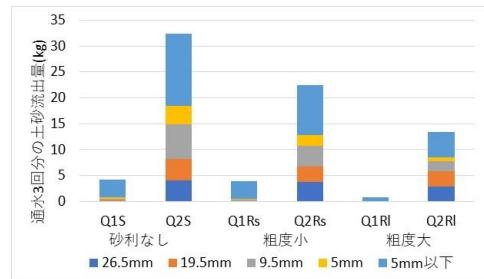


図2 土砂流出量

Fig.2 Sediment Discharge

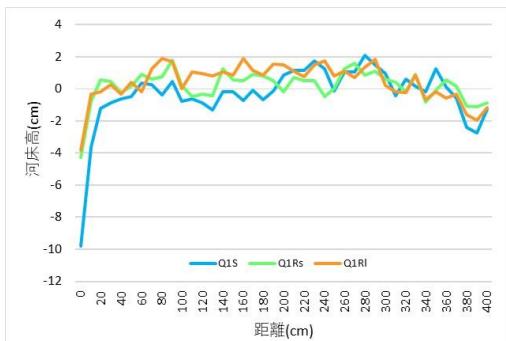


図3 水路床縦断図 (Q1)

Fig.3 Channel Bed Profiles (Q1)

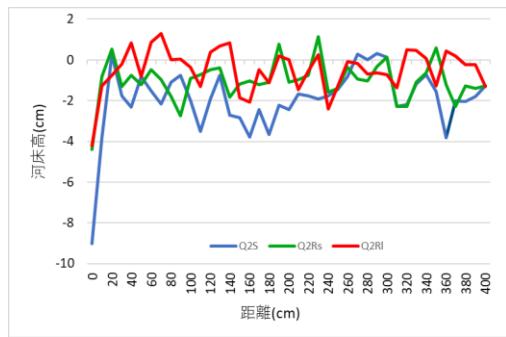


図4 水路床縦断図 (Q2)

Fig.4 Channel Bed Profiles (Q2)