

## 佐渡大河内川における土石流発生後の Step-Pool の形状

新潟大学大学院自然科学研究科 ○関貴文  
新潟大学農学部 権田豊、川邊洋

## 1. はじめに

Step-Pool は Pool 部における土砂の貯留や、その形成や変形、破壊のプロセスを通して、山地河川の流出土砂量や粒度分布を変動させる要因となっていると考えられている（芦田ら、1984；沢田、1985）。現在、砂防工学の分野では、河川の総合土砂管理を背景に、土砂の量と質のバランスのとれた河川管理の実現が求められており、土砂の移動量と質についての知見の蓄積が課題となっている。したがって、Step-Pool の動態を把握することは重要だといえる。

本研究では、再形成された Step-Pool の形状特性とその動態を把握することを目的に、土石流発生後に、Step-Pool の再形成が確認された新潟県の山地河川で継続的に調査を実施した。本稿では、現地調査より得られたデータを用いて、再形成された Step-Pool の形状特性と形成流量、出水による構造変化について述べる。

## 2. 調査地概要と調査方法

調査地は新潟県佐渡市岩谷口を流れる大河内川上流部である。この河川では 2010 年 12 月 23 日に源頭部斜面が崩壊し、土石流が発生した。調査は 2011 年 4 月から 11 月の間に継続的に実施した。調査期間内に確認されただけでも大きな出水が 3 回発生した（表 1）。

Step-Pool の再形成が見られた区間に 4 つの調査プロット（プロットの長さ、平均勾配はそれぞれ約 40～130m、0.06～0.15）を設け、Step-Pool の形状及び河道条件（河床勾配、低水路幅、Step 構成礫の粒径など）を計測した。また、Step-Pool の形状調査の度に Step-Pool の写真を撮影した。既存研究による計測結果と比較することで、再形成後の Step-Pool の形状

特性を検討した。また、芦田ら（1984）の研究成果を参考に、本調査地の Step-Pool の形成流量と構造変化について水理学的に検討した後、現地撮影写真から判読した Step-Pool の構造変化の実態と比較した。

## 3. 調査結果と考察

## 3.1 Step-Pool と河道条件の関係

岡崎ら（2007）による新潟県佐渡・下越地方の Step-Pool の調査事例のうち、流域面積が同程度の調査地の Step-Pool と比べて、スケールが小さい。これは、土石流が発生後、土砂が河道を覆い、低水路幅が小さくなった結果、Step-Pool のスケールが土石流発生以前と比べ小さくなったためと推測される。

## 3.2 Step-Pool の形成流量の検討

岡崎ら（2007）の雨量データから推定した確率雨量をもとにラショナル式を用いて 2・5・20・50 年確率流量を推測した。

Step 間隔の実測値と 2～50 年確率流量に対応する水理量から、各プロットの無次元化波数  $k_*$ （ $= 2\pi h/\lambda$ 、 $h$ :水深、 $\lambda$ :Step 間隔）とフルード数  $Fr$  を求め、両者の関係をグラフに示した。さらに Step 間隔が次式の Kennedy の式から求められる反砂堆の波長と等しいと仮定し、Kennedy の理論曲線をグラフに示し、実測データとの分布の重なりを検討した（図 1）。

$$Fr^2 = \frac{2 + k_* \tan h k_*}{k_*^2 + 3k_* \tan h k_*} \quad (1)$$

本研究の対象河川では、降雨の平均再現年が小さくなるにつれてデータの分布が Kennedy の理論曲線に近づく傾向があるが、2 年確率流量の場合でも、データの分布が Kennedy の理論曲線と一致しなかった。このことから、本調査地の Step は、2 年未満の確率流量の相当する

流量によって形成されたものと推定される。

### 3.3 Step-Pool の構造変化の実態

調査期間内に発生した出水により、調査流域の Step-Pool の構造が変化した。

Step-Pool が形成されるためには、(1)河床材料が混合砂、(2)流れが射流（反砂堆の形成条件）、(3)平均粒径よりも大きい砂礫の流砂運動が起こる、(4)最大形が停止する、という条件が満たされる必要がある（芦田ら、1984）。これらの条件を数式化すると次式となる。

$$\tau_{*m} \leq \tau_{*cm} \cdot \frac{d_{m,a}}{d_m} \quad (2)$$

$$\tau_{*cm} = \left( \log 19 / \log \left( 19 \frac{d_{\max}}{d_m} \right) \right)^2 \cdot \tau_{*cm} \quad (3)$$

ここに、 $h$ :水深、 $\tau_{*m}$ :平均粒径  $d_m$  の無次元掃流力、 $\tau_{*cm}$ :平均粒径の無次元限界掃流力、 $\tau_{*cm\max}$ :最大粒径  $d_{\max}$  の無次元限界掃流力とする。

雨量から推定した出水時の流量を用いて各 Step-Pool の位置の水深を求め、式 2、3 に代入し、出水時の構造変化を推定した。また、実際の Step-Pool の構造変化を写真判読した。なお本研究では、Step を構成する平均的な粒径の礫が移動するが最大粒径の礫が移動しないときは変形、最大粒径の礫が移動するときは破壊とした。

結果を比較したところ、破壊と変形の合計値は同程度だが、両者の内訳が大きく異なる結果となった。これは、式 2、3 は実験水路など、河床や流路の条件が比較的整っている場合に成立するものであり、流路や流れの複雑性が考慮されていないことが原因と思われる。

## 4. おわりに

本研究により、再形成された Step-Pool の形状特性とその後の動態についての知見が得られた。この研究をさらに進めていく上で、Step-Pool の形成、変形、破壊というプロセスに伴う流砂過程について理解を深める必要が

ある。今後は追跡調査により、実河川における Step-Pool の動態と形状についての知見を蓄積するとともに、Pool 部での貯留量、流出土砂量についても検討していきたい。

## 引用文献

- 芦田ら（1984）：階段状河床形の発生機構と形状特性, 京都大学防災研究所年報, 第 27 号, B-2, pp. 341-53.
- 岡崎ら（2007）：山地河川における Step-Pool 構造の形状及び分布特性 (3), 平成 19 年度砂防学会研究発表会概要集 pp. 448-449.
- 沢田（1985）：山地流域の土砂流出に関する研究, 京都大学博士論文, 149p

表 1 調査日時と調査項目

日時(年/月/日)	事柄
2010/12/23	土石流発生
2011/4/25	調査地下見
2011/6/15、16	河川測量（縦断測量） ↕ 出水①（6/23）
2011/7/9～14	Step-Pool の形状計測 ↕ 出水②（7/28）
2011/9/9、10	Step-Pool の形状計測 ↕ 出水③（9/21）
2011/9/30～10/2	Step-Pool の形状計測

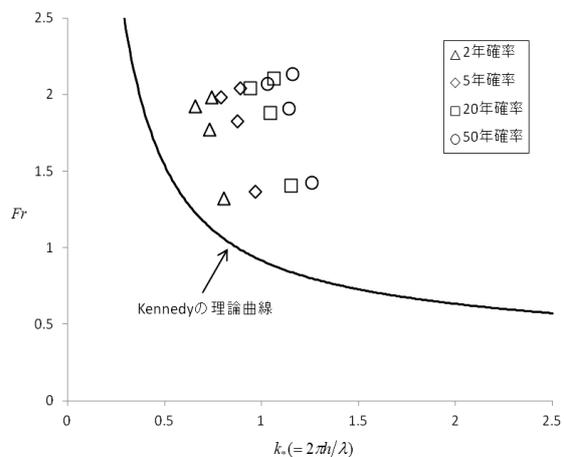


図 1  $k_*$  と  $Fr$  の関係