

岐阜県高山市ヒル谷における土石流発生後の Step-Pool の経年変化と 河道条件の影響

新潟大学大学院自然科学研究科(現 パシフィックコンサルタンツ株式会社) ○北條杏梨
新潟大学農学部 権田豊
京都大学農学研究科 宮田秀介

1. はじめに

河川・砂防事業では山地から海岸までの様々な領域で発生している土砂移動に関する問題に対して、個別の対策に留まらず、流砂系を一貫して管理する「総合的な土砂管理」が推進されている。特に山地流域は、流砂系の土砂の供給量とタイミングを支配するため、流砂系の土砂管理の上で最も重要な領域であるとされている(藤田ら, 2003)。山地河川に見られる Step-Pool は、Pool 部における土砂貯留や Step 部の変形・破壊・形成のプロセスを通して山地河川の土砂移動現象を複雑化していると考えられており、その動態を明らかにすることは流砂系における諸問題を解決するために不可欠である(芦田ら, 1984)。しかし、Step-Pool の動態を継続的に観測した事例は少なく、特に河床形の時間変化が大きいと思われる、土石流発生後の溪流において Step-Pool を継続的に観測した事例は、国内では佐渡市大河内川を対象とした Seki *et al.*, (2014) と松本(2016)の事例しか報告されていない。そこで本研究では、2020年に土石流が発生した神通川水系蒲田川足洗谷支川のヒル谷流域において、土石流発生直後から3年間継続した調査を行い、Step-Pool の経年変化を明らかにするとともに、前述の大河内川での事例と比較することで、河道条件の違いが Step-Pool の動態の違いに与える影響について考察した。

2. 調査地・調査方法

本研究の調査対象地は神通川水系蒲田川足洗谷支川のヒル谷流域(岐阜県高山市)である。本流域では、源頭部の崩壊地において凍結・融解作用による定常的な土砂生産が行われており、長年にわたり京都大学防災研により流砂観測が行われてきた。また、本川の左岸側斜面が火砕流堆積物で構成されているため、溪岸崩壊等による河道への土砂供給が生じやすい特徴を持つ。2020年7月8日には、観測史上初の大規模な土石流が発生し、下流の流砂観測施設が被災した。本研究では、流域の下流部215 mを調査区間に設定し、2020年9月から約3年にわたり、計8回 Step-Pool の形状や河道形状(河床勾配、流路幅)、粒径を計測した。また、2021年11月から計5回、ポールカメラを用いた SfM 写真測量を実施した。

3. 3年間の調査結果

ヒル谷の溪岸は脆い地質であることから、溪岸の複

数箇所土層露出部が削られ、徐々に斜面下部に土砂が移動・堆積する様子が確認された。河道が溪岸に近い場所では、溪岸の崩壊にともなって生産された土砂が河道内へ供給されている。また、2023年の調査においては、溪岸からの落石や倒木が多数発生し、これらが河道内に堆積することで一部の Step の変形や破壊、部分的な流路の変更や流路幅の変化が生じた。しかし、ヒル谷全体としては3年間の調査期間において、Step 部の破壊や変形といった Step-Pool の構造変化がほとんど見られなかった(図1)。

Pool は、土石流発生後の3年間、埋没傾向にあった。2021年5月を除く全ての調査時において、埋没している Pool を含めた Pool の全数のうち、埋没した Pool の数は30%以上を占めていた(図2)。特に2023年には、それ以前と比較して埋没した状態の Pool が多く確認された。2023年10月には、調査区間全体の約70%の Pool が埋没していた。また、調査区間の位置別に Pool の埋没数を比較したところ、調査区間下流域では、2021年5月までは Pool の埋没数は減少傾向にあったが、2023年から再び増加傾向になった。中流域では Pool の埋没数が最多だった。上流域では3年間を通して Pool の埋没数が徐々に増加する傾向にあった。

前述したように、ヒル谷流域は上流域や溪岸からの土砂供給が多いという特徴があり、調査区間では Pool が多数埋没するだけでなく、一部の Step では、Step を構成する礫のうち1 m級の巨礫を除いた大部分の礫が、粒径の1/3~半分程度埋没していた。特に、2023年の調査時には、河道内の堆積土砂量が増加し、土砂に埋没して存在が不明瞭になっている Step が観察された。

4. Step-Pool の安定性についての考察

Seki *et al.* (2014) と松本(2016)が Step-Pool の観測を行った佐渡市大河内川では、降水量の少ない12月に泥を多量に含む土石流が発生した。その後土石流堆積物を掘り込むように河道が形成され、河道内には Step-Pool が形成された。土石流発生後約3年間は出水の度に Step-Pool の破壊や変形が多数生じた。その後、大規模出水が起きた際に河道幅が拡大し、水深が上がりにくくなったため、出水時の掃流力が軽減され、Step-Pool の破壊や変形は減少した。一方ヒル谷では、7月の豪雨の中で石礫型の土石流が発生しており、土石流発生後3年間の継続調査を行った結果、Step-Pool の破壊や変形はほとんど起こらなかった。ヒル谷の

Step-Pool が出水直後から安定している要因について流域の特徴や河道条件から考察する。

まず、Step 構成礫の大きさに着目する。ヒル谷と大河内川で各 Step の最大粒径の比較を行うと、大河内川では 0.4m 未満の粒径の割合が高いのに対して、ヒル谷では 0.4~0.6m の粒径の割合が高く、ヒル谷の Step 構成礫は大河内川と比べると比較的大きな礫の割合が高いことが分かった。また、大河内川では 0.2 m 未満の小さい礫のみで構成されている Step は破壊されやすいことが報告されているが、ヒル谷ではこのような Step はほぼ見られなかった。ヒル谷では、大河内川と比べて比較的大きな粒径で Step が構成されていることが、Step が安定している一因だと考えられる。

次に、高水路幅の広さと出水時の水深に着目する。ヒル谷では土石流の後続流により土石流堆積物が急激に侵食され、土石流発生直後に高水路幅が比較的大きい河道が形成された。また、出水時の流量も大河内川より小さいことから、土石流発生直後から出水時に水深が上がりにくい状態にある。さらに、ヒル谷では最大級クラスの礫が比較的大きく、出水時でも最大級クラスの礫は完全に水没しない状態にある。そのため礫に作用する掃流力が小さく、Step が破壊されにくい状態にあると考えられる。

最後に、土砂供給の影響について着目する。前述の通りヒル谷は、源頭部から河道への定常的な土砂供給が見られる他、溪岸からも崩壊による土砂供給が見られる流域である。現在は土砂の流出量よりも供給量の方が上回っており、河道内に堆積する土砂の量が増えていると考えられる。そのため、ヒル谷の Step の構成礫は 1/3~半分程度埋没した状態のものが多く見られる。礫が土砂に埋没していることにより、流水の影響を受けにくいことも、Step が安定した構造になっている一因と考えられる。

以上の 3 つの要因が複合的に作用した結果、ヒル谷では土石流発生後の 3 年間 Step が安定していたと考えられる。

5. おわりに

本研究により、ヒル谷は先行研究が行われた大河内川と比較すると、土石流発生後に Step-Pool が安定するまでに要する時間が異なっていたことが明らかになった。ヒル谷の Step-Pool が早く安定した要因としてヒル谷の持つ流域の特徴や河道条件が影響していることが考えられた。今後も継続して調査を行うことで、溪岸の長期的な変化が Step-Pool に与える影響や Step や Pool の土砂埋没程度が Step-Pool の構造の安定性や流砂過程に与える影響について検討することが必要であると考えられる。

引用文献

芦田・江頭・安東 (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, p. 341-353

藤田・澤田・水山 (2003) : 山地小流域における土砂動態のモニタリング手法, 京都大学防災研究所年報, 第 46 号 B, p. 213-223

Seki, T., Gonda, Y., Kawabe, H. (2014) : Temporal change of step step-pool morphology in a mountain stream after a debris flow event, Proceedings of INTERPRAEVENT 2014, p. 512-521

松本 (2016) : Step-Pool の構造変化及び Step-Pool の存在する溪流における土砂流下過程の検討, 新潟大学大学院博士前期課程学位論文, 83pp.

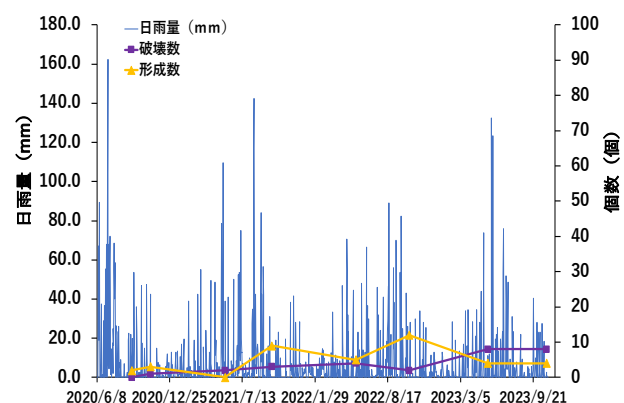


図 1 2020/7~2023/10 までのヒル谷の日雨量 (mm) と各調査時の Step 破壊数と形成数

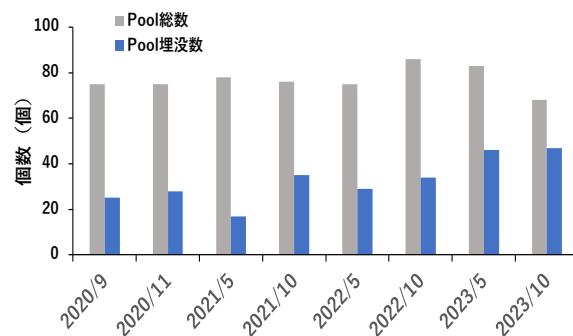


図 2 各調査時における Pool の総数と埋没数

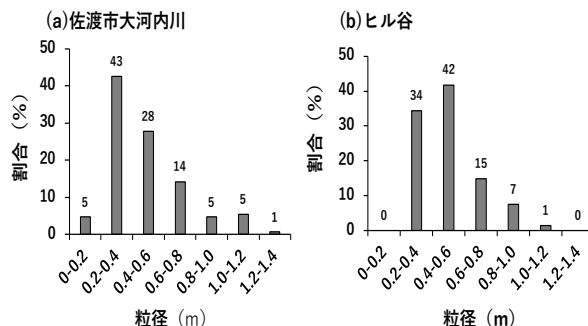


図 3 最大粒径の頻度分布図 (%)
(a) 大河内川 (2012/8) (b) ヒル谷 (2023/10)