

Step-Pool 形状の予測式の構築に向けた検討

新潟大学農学部 ○清水紘明, 権田 豊, 川邊 洋

1 はじめに

山地河川では一般的に、小さな滝状の部分 Step と水面が平坦で深みのある部分 Pool が縦断方向に交互に現れる Step-Pool (階段状河床形) がしばしば観察される。Step-Pool はその形成や発達、破壊、Pool 部における土砂の貯留現象を通して、土砂の移動現象を支配していると考えられている(芦田ら, 1984; 沢田, 1985)。また、山地河川に生息する生物に様々な生息空間を提供しており、河川生態系における重要な物理的環境となっている(谷田, 1996; 水野, 1997; 竹門, 1997)。近年、砂防事業では自然環境への配慮が求められており、Step-Pool の形状やそれらを支配する要因を把握することは河川環境の保全・復元に取り組む際に不可欠と言える。しかし、従来の Step-Pool の研究は室内実験によるものが中心で実河川を対象とした研究は少なく、Step-Pool の形状に関する十分な知見が得られているとはいえない。

岡崎(2007)は、Step 差高・Step 間隔について主に新潟県内での計測データを基に、集水面積や、河床勾配から Step 形状を予測する次の式(以下岡崎式とする)を構築している。

$$\Delta = aA_p^b S_p^c = 4.5A_p^{0.27} S_p \dots\dots\dots (1)$$

$$\lambda = dA_p^e = 3.87A_p^{0.27} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $a \sim e$: 係数、 Δ : Step 差高(m), λ : Step 間隔(m), S_p : プロット勾配, A_p : プロットにおける集水面積(km²)

図 1, 2 より、岡崎式は予測精度が高いことが分かる。しかし、岡崎式の係数 $a \sim e$ は既存のデータと予測式が一致するように決定されたものであり、不変性の有無は不明である。このため、これらの式を他の地域の河川に適用する場合、現場のデータから係数 $a \sim e$ を新たに定めなければならない可能性があり、実用性が高いとはいえない。

本研究では、より実用性の高い Step 形状の予測式の構築を目的に、土砂水理学的な知見を基に予測式を構築した。さらに、新たにデータを追加したデ

ータセットを基に、予測式の係数について検討し、その後、岡崎の式との比較を行うことで岡崎の式の一般性について考察した。

2 解析に使用したデータセットについて

従来の研究より、Step-Pool の形状は勾配 S_p と集水面積 A_p に支配されていることが分かっている。そこで、多様な S_p と A_p を持つデータセットが得られるように考慮し、新潟県内の 4 河川(下田村の親沢、新潟市の坂本川、阿賀町の綱木川、新発田市の高知山川)を調査地とした。本流との合流点から源頭部までの間で、Step-Pool が形成されている区間に調査プロットを設け、Step-Pool の形状と河道条件の計測を行った。

また、上述の計測データと、西井(2003)が調査した新潟県内の 5 河川(佐渡市の五十浦川、西蒲原郡巻町の乙尻沢、新発田市の大沢及び板山川、五泉市の大蔵川)と岡崎(2007)の 2 河川(新発田市の灯明沢川、三重県の西俣谷)のデータを加えたデータセットを用いて、河道条件と Step 形状の関係について検討した。なお、解析にはプロット平均したデータを用いた。

3 結果・考察

3.1 土砂水理学的な知見による予測式の構築

Step 差高 Δ Step 構成礫の粒径、無次元限界掃流力 $\tau_{*c} = 0.05$ とし、合理式、レジーム則、Manning 則、から Step 差高 Δ の予測式(式(3))を導いた。さらに、小規模な河床波の波長 λ と形成流量 Q の関係を表す Kennedy の式、合理式から以下のような Step 間隔 λ の予測式(式(4))を導いた。

$$\Delta = 0.4 r_{\Delta}^{0.3} S_p^{0.7} A_p^{0.3} \dots\dots (3)$$

$$\lambda = 0.5 r_{\lambda}^{0.3} (6.48 S_p^{0.5} - 1/3)^{0.5} S_p^{(-1/6)} A_p^{0.3} \dots\dots (4)$$

ただし、 r_{Δ}, r_{λ} : Step-Pool の形成流量に関する係数(mm/h)

r_{Δ}, r_{λ} の性質を調べるために、実測データが式(3),(4)が近似する r_{Δ}, r_{λ} を河川毎に求めた。その結果、 r_{Δ}, r_{λ} が 100 程度の河川(グループ 1)と 500 程度の河川(グループ 2)に分かれた(図 3)。両グ

ループの河川の違いについて、様々な視点から検討した結果、グループ1の河川では、河床の波長が数mの凹凸（小規模河床波）のみで構成されているのに対し、グループ2の河川では、河床の波長が数mの凹凸（小規模河床波）と数10mの凹凸（中規模河床波）が合成されたもので構成されていることが分かった(図4,5)。小規模河床波のみが卓越するグループ1と、小規模河床波と中規模河床波が複合するグループ2では、河床波形成に必要な流量が大きく異なるため、 r_Δ, r_λ の値が大きく異なる結果となったと推測される。

3.1 岡崎式と新しい予測式の比較

岡崎式と新しい予測式を比較検討した結果以下のことがわかった。岡崎式の基になったデータはグループ1に属する河川のデータのみであり、それらの河川の r_Δ, r_λ は同程度の値である。また、式(4)の $(6.48S_p^{0.5}-1/3)^{0.5}S_p^{-1/6}$ は、岡崎、西井の調査プロットの S_p の範囲では、ほぼ一定とみなすことが出来る。さらに、岡崎式と新しい予測式では A_p と S_p の指数がほぼ等しい値をしている。以上のこと

から、岡崎式は新しい予測式を簡略化したものといえる。よって、岡崎式はStep形状と河道条件のおよその関係から経験的に導かれた式であるが、小規模河床波のみが卓越する河川では一般的に成立すると考えられる。

4 おわりに

土砂水理学的な知見を基に r_Δ, r_λ という2つの係数をもつStep-Poolの形状を予測する式を構築し、小規模河床波のみが卓越する河川においては、 r_Δ, r_λ が同程度の値をとることを示した。今後は、小規模河床波と中規模河床波が混在する河床の形成要因・メカニズムについて研究し、より幅広い条件に適用できるStep-Poolの形状の予測式の構築を目指したい。

参考文献

- 岡崎達也(2007):平成18年度新潟大学修士論文
西井洋平(2003):平成14年度新潟大学修士論文
長谷川和義(2005):日本流体力学会「ながれ」, 24巻第1号, 15-26

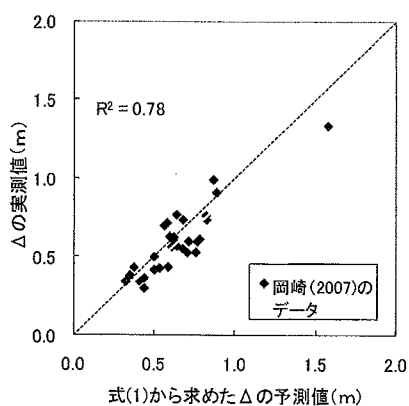


図1 Step 差高の予測値と実測値の比較

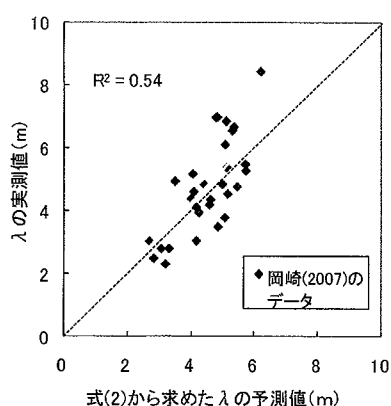


図2 Step 間隔の予測値と実測値の比較

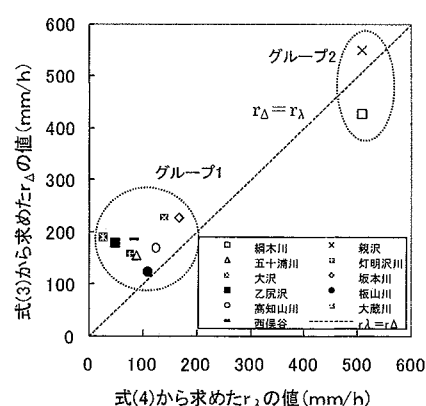


図3 各河川の r_λ と r_Δ の関係

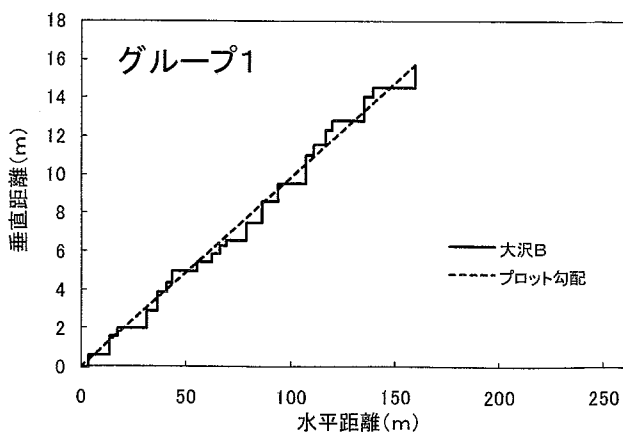


図4 大沢プロットBのStepの縦断形状

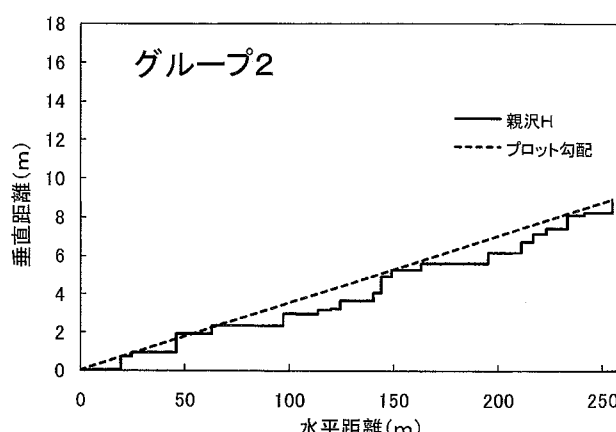


図5 親沢プロットHのStepの縦断形状