

溪流における階段状河床形のstepの破壊と間隔に関する検討

筑波大学大学院環境科学研究科 ○中村和央  
 筑波大学大学院生命環境科学研究科 眞板秀二  
 宮本邦明

1 はじめに

山地溪流特有の河床地形である階段状河床は、溪流の良好な景観を構成する一要素であるとともに、魚類や水棲昆虫等の生物の生息場でもあり、溪流生態系を構成する重要な要素の一つである。洪水を契機とする階段状河床の変化は、この地形の持っている生態的な役割に影響を及ぼす。したがって、階段状河床の変化を把握することは、溪流生態環境の保全的管理のための基礎となると考えられる。

調査溪流では2004年10月下旬に5年確率降雨(年最大24時間雨量)による洪水が発生し、一部の場所で階段状河床形のstepの破壊と形成が起こった。そこで、本研究ではこの洪水による階段状河床形のstepの破壊条件と新たに形成されたstepの間隔について、芦田ら<sup>1)</sup>や藤田ら<sup>2)</sup>の研究成果と比較検討した。

2 調査溪流の概要

調査地は、筑波大学川上演習林(長野県佐久群川上村)の中を流れる千曲川水系三沢川源流の一つの鞍骨流域である。その溪流の標高は1445m~1786m、流域面積は0.378km<sup>2</sup>である。平均勾配12.5%の流路の中に、階段状河床地形のstepが破壊・形成が確認された流域出口からの平均勾配7.5%の区間を調査した(図1)。また、流路の幅は、1~2mであり、谷底の幅は約5~20mである。また、流域の出口となる標高1440mの地点には、量水堰、雨量計、流域の中腹の標高1570mの地点には、雨量計が設置されており、流量、雨量の観測を行っている。

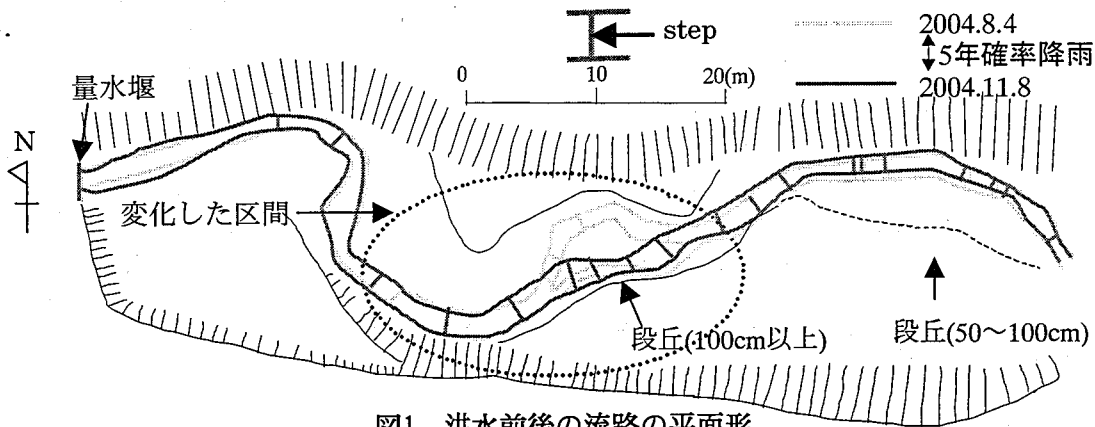


図1 洪水前後の流路の平面形

3 研究方法

階段状河床形を把握するために、流路の平面及び縦断形を洪水前の2004年8月4日と洪水後の2004年11月8日に測定した。また、その時に河床材料も調査した。この測定で得られたstep形状の諸元と河床材料を使い、芦田ら<sup>1)</sup>や藤田ら<sup>2)</sup>の研究成果と比較検討した。

4 結果及び考察

4-1 階段状河床形の波長(step間隔)とフルード数の関係

測定の結果、2004年10月の出水で形成されたstepの間隔( $\lambda$ )は1.8(m), 2.4(m), 2.7(m), 3.7(m)であった。階段状河床形のstepの間隔は、反砂堆の波長 $\lambda$ にほぼ一致するとされ、Kennedy<sup>3)</sup>の式から求められるとされている。そこで、測定で得られたstepの間隔 $\lambda$ と2つの仮定を使って推定した径深 $h$ から階段状河床形の波数 $2\pi(h/\lambda)$ を計算し、その波数とフルード数 $Fr$ の関係を検討した(図2)。仮定の1つは(a)流水断面として調査区間の流水断面を二等辺三角形で近似したこと、もう1つは(b)対数則を使い、相当粗度高と

平均粒径の比を1としたことである。その結果を表1に示す。(b)の仮定では以下の条件を用いた。測定の結果から平均河床勾配は0.075, 平均粒径は5cmとした。(a)を用いた時のstepも,(b)を用いた時のstepもKennedyの式の周りにばらついていた。また,(a)と(b)を用いた時を比較すると,ほとんど変わらないことがわかった。

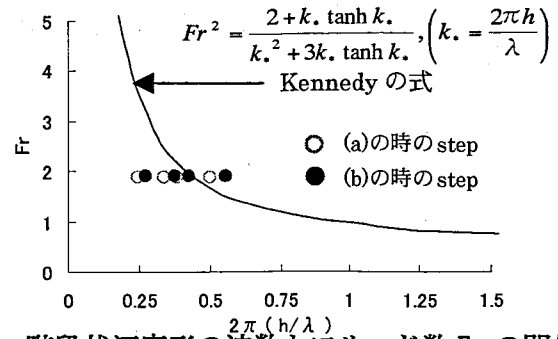


図2 階段状河床形の波数とフルード数Frの関係

表1 出水時の水理条件の概要

計算方法	観測日 (年/月/日)	年最大24時間雨量(mm) (発生確率年)	ピーク流量(Q) (m <sup>3</sup> /s)	流積(A) (m <sup>2</sup> )	潤辺(S) (m)	径深(h) (m)	流速(v) (m/s)	フルード数 Fr
(a)流水断面	2004/10/20~21	142.5(5年)	0.48	0.22	2	0.145	2.2	1.86
(b)対数則	2004/10/20~21	142.5(5年)	0.48			0.16	2.4	1.9

4-2 洪水時の砂礫の移動条件

藤田ら<sup>2)</sup>は数十年確率の流量で階段状河床形が破壊されると報告しているが,調査流域では,5年確率降雨の洪水でも破壊が起きた。この破壊の条件を芦田ら<sup>3)</sup>による報告に基づいて検討した。芦田ら<sup>3)</sup>によると,階段状河床形の形成条件は,①河床材料が混合砂であること,②流れが射流であること(反砂堆の形成条件),③初期河床の平均粒径 dm あるいはそれよりも大きい粒径 β dm の礫が移動すること,④最大粒径程度 d<sub>max</sub> の礫が形成過程を通じて停止することである(式(1))。

$$\tau_{*m} \leq \tau_{*cmax} \cdot \frac{d_{max}}{d_m} \quad \dots (1) \quad \text{ただし,} \quad \tau_{*cmax} = \left( \frac{\log_{10} 19 / \log_{10} \left( 19 \frac{d_{max}}{d_m} \right)}{\log_{10} 19} \right)^2 \cdot \tau_{*cm}$$

ここに, h : 水深, τ<sub>\*m</sub> : 平均粒径に対する無次元掃流力, τ<sub>\*cm</sub> : 平均粒径に対する無次元掃流力である。

実測の d<sub>max</sub> と d<sub>m</sub> を使って(1)の条件を満たさない時,最大粒径が移動し,階段状河床が破壊する。この時の破壊領域は図3に示したように示される。ここで,調査流域で step 以外の部分の平均粒径が 5cm, step の部分の最大粒径が 35cm であった。平均粒径 d<sub>m</sub> は step 以外の部分の平均粒径を採用し, 5cm と設定し, それに対する流量 0.48m<sup>3</sup>/s の時の水理量を図3にプロットした。その他に, 平均粒径 5cm の 1/2 倍の 2.5cm と 2 倍の 10cm の平均粒径も仮定し, 上と同様に図3にプロットした。同時に, 上で述べたように水深に関する仮定(a), (b)を用いた時の破壊条件も比較した。平均粒径を実測の 5cm と仮定したときは破壊条件に近い破壊領域にあり, 洪水で階段状河床形が破壊される状態であった。また, 平均粒径を 2.5cm と仮定したときは破壊条件から大きく離れた破壊領域にあり, 平均粒径を 10cm と仮定したときは破壊条件に近い形成領域にあった。つまり, 平均粒径の大きさの違うと, 階段状河床形の形成や破壊に大きい違いが見られた。水深に関する条件(a)と(b)を用いた時を比較すると, ほとんど変わらないことがわかった。

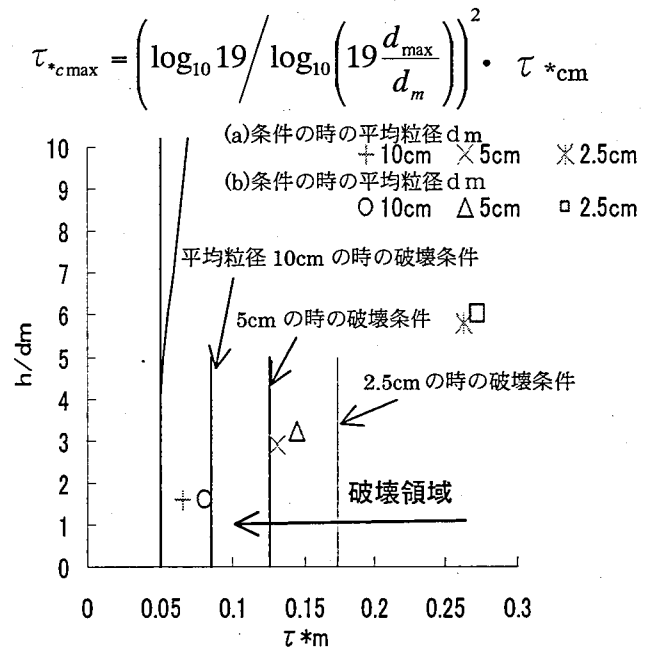


図3 階段状河床形の形成及び破壊領域

引用文献

- 1) 芦田和男・江頭進治・安東尚美: 階段状河床形の形成機構と形状特性に関する研究, 第28回水理講演会論文集, p743-750, 1984
- 2) 藤田正治・道上正規・澤田豊明: 階段状河床の洪水による変形に関する現地調査, 水工学論文集, 第43巻, p725-731, 1999
- 3) Kennedy, JF: The mechanics of dunes and antidunes in erodible bed channels, Jfluid Mech., Vol.16, Part 4, p521-544, 1963