

## 大雨時の山地河川での表面流速と水深の観測

東京大学 ○浅野友子・三浦直子  
 国土技術政策総合研究所 内田太郎  
 (株)建設技術研究所 西口幸希

## 1. はじめに

気候変動により、日本列島では大規模な降雨の増加が懸念されている。山地域で生じる土石流や鉄砲水に代表される出水現象を理解することは山地域の災害を防ぐために重要である。しかし山地河川は地形が複雑で河床の変化も激しくデータも限られており、水理特性の実態把握は進んでいない。そのため、たとえ流量が予測できたとしても水位や流速の予測は難しい現状がある。本研究では現地観測により大雨時の表面流速と水深の詳細な観測データを取得し、山地河川での出水時の水の流れと河床地形の関係を明らかにする。またこれまで少ないながらも得られてきた山地の階段状河川の水理特性についての既存データを収集し河道地形との関係を整理する。

## 2. 方法

## 2.1 観測河川と観測方法

観測は東京大学樹芸研究所青野研究林にある階段状河川で行った。調査河道は平水時の水面幅 3-6m、流域面積 2.7km<sup>2</sup>、河床地形はカスケード・プールカステップ・プールに分類される (Montgomery & Buffington, 1997)。D<sub>50</sub>、D<sub>95</sub> はそれぞれ 0.16、0.75m である。カスケード横断面と 10m 下流のプール横断面でそれぞれ水深と表面流速を 1 分間隔で自記計測した (図 1)。観測横断面の最も標高の低い地点からの水位を水深とした。河道の抵抗特性を上流の量水堰堤で計測した比流量に流域面積を乗じた流量と、当該地点の横断面形状及び実測水深、河床勾配から計算したマンニングの粗度係数で表した。

## 2.2 既存データ収集

国土交通省の直轄砂防事務所等で実施している山地河道における流砂水文観測地点のうち、人口横断工作物の影響が小さいと考えられる流砂水文観測地を抽出し、実測に基づき粗度係数を得た事例を収集した (国総研砂防研究室 2014)。文献調査から国内外の山地河川で粗度係数を実測より求めた例を収集した。各観測地点の地形、流域面積、河床勾配、対象洪水時の相対水深等を抽出した。

## 3. 結果と考察

## 3.1 観測結果

2012 年 5 月に総降水量 288mm 最大 1 時間雨量 25 mm の降雨時にデータを得た (図 2)。水深は 0.35~1.57m、表面流速は 0.35~4.15m/s を記録した。10m しか離れていないカスケードとプールいずれの横断面でも流量増加にしたがって水深と表面流速は増加したが、水深と表面流速の関係は平均水深



図 1 観測河道の様子

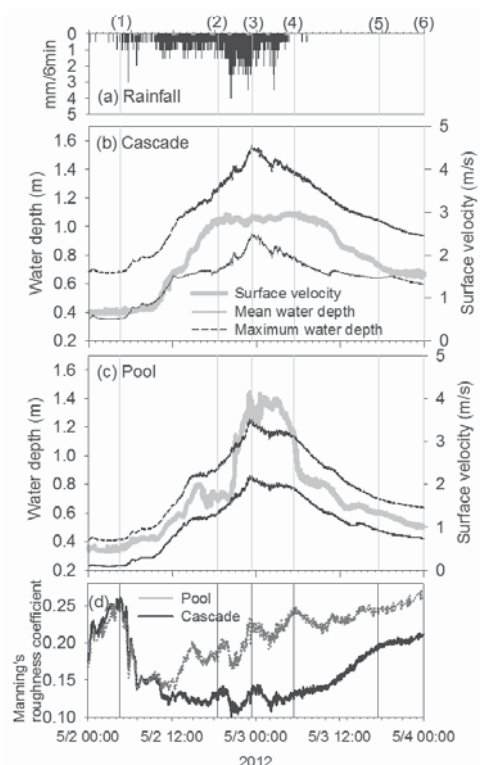


図 2 2012 年 5 月降雨時の水深、平均水深、表面流速、マンニング粗度係数の変化

およそ 70-75cm で急激に変化し、その変化のしかたは 2 カ所で異なっていた(図 3)。流れの急激な変化はまずカスケードで生じた。カスケードでは平均水深 70cm を超えたとたん水深は大きく増加するが表面流速は降雨ピーク中ほぼ一定の値を示した (図 2(2)-(4), 図 3)。これは、カスケード下部の水深増加により流れが停滞して潜り流出が生じたことによると考えられる。このときカスケードでは下記に示したプール部で生じたと考えられるような深さ方向の流速分布に大きな変化はなかったと考えられる。次にプールで平均水深 0.75m を超えると、表面流速が 2m/s から 4m/s に急激に増加したが水深はわずかしこ増加しなかった (図 (2-(2)~(3)、図 3)。プール部では深さ方向の流速の分布が大きく変化し、表面付近の非常に速い流れと川底付近の遅い流れの 2 層の流れが生じていたと考えられる。雨がやむと、まず下流のプール部で表面流速が急激に小さくなり、流速分布が元に戻ったと考えられ(図 2-(4))、次にカスケード下部の潜り流出が消滅したと考えられる(図 2(4)-(5))。以上観測結果は、水量増加にともない流れに寄与する河床地形が、ステップを構成する数十 cm の礫から 10-20 m 以上のカスケードとプール含む階段状河床区間に拡大することを示す。

河道抵抗の指標であるマンニングの粗度係数は、降雨開始後カスケードとプール部どちらでも 0.25 から 0.15 に急激に減少した(図 2(d))。カスケードでは降雨ピーク中 0.10-0.15 の範囲でほぼ一定の値を示したが、プールでは、降雨ピーク中も粗度係数は次第に増加した。このことからプールでは流出ピーク時に 2 層の流れがあることが示唆される一方、カスケードでは流速分布に大きな変化はなかったと考えられる。以上より山地河川でも大規模な出水時に限ってはマンニング公式が適応可能であるが、適応する場合は対象とする河床区間の地形や規模に注意する必要があると言える。

### 3.2 既存データ収集・整理

流域面積 0.09~97.8km<sup>2</sup>、勾配 0.009~0.23 の国内外 39 箇所から山地河川の大規模出水時(相対水深 1 以上)の河道抵抗実測データを収集した。水位の増加に伴いマンニングの粗度係数は減少する傾向があるので、各河川で計測された最も小さい粗度係数を抽出した(図 3)。

粗度係数は大きくは河床地形で区分され、平坦河床では 1 例除きすべて 0.1 以下であるが、ステップ・プールやカスケード河床では 1 例除くすべての河川で 0.1 以上であった。また、河床勾配が大きいほど粗度係数が大きく、流域面積が小さいほど粗度係数が大きくなる傾向があった。山地河川の河道抵抗は大きくばらつくため予測が難しいが、特に大規模な出水時については河道地形である程度類型化でき、河床勾配や流域面積などの地形からある程度予測できる可能性が示唆された。階段状の構造をもつ山地河川では下流の平坦な河川に比べ河道抵抗が大きくなることが明らかとなった。

#### 【参考文献】

国総研砂防研究室 (2014) 山地河道の水理特性支配要因検討業務報告書, David et al. (2010) WRR 46(3): W03513. Montgomery & Buffington (1997) G.S.A. Bull. 109, 596-611. Reid and Hickin (2008) ESPL. 33(14): 2211-2240. など

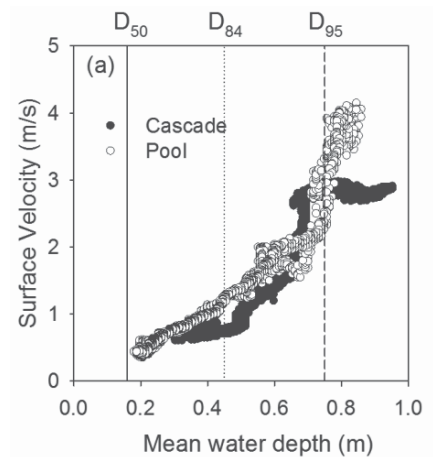


図 3 平均水深と表面流速の関係

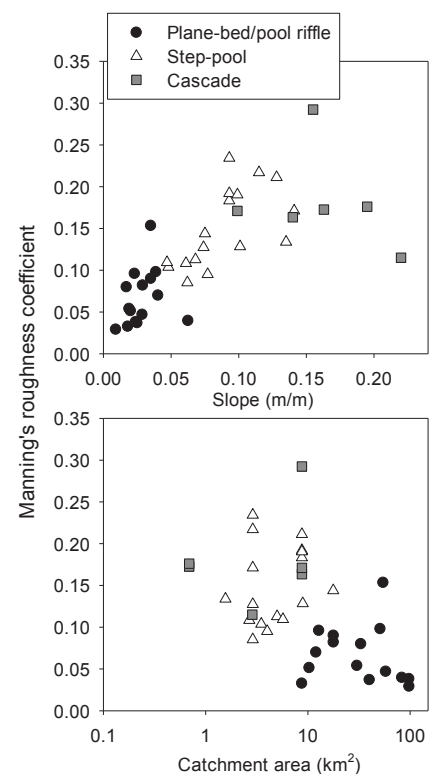


図 4 河床勾配、流域面積とマンニングの粗度係数の関係