

階段状河川における 水位と流速の変動

東京大学大学院農学生命科学研究科 ○笠原 琢志 浅野 友子 三浦 直子

1. はじめに

近年、気候変動による大雨の増加に付随する洪水への懸念が高まってきている。階段状の構造を持つ山地河川での水の流動特性や水理特性については水路実験等により推測されてきたが、その複雑な形状と地理的要因のため特に洪水時は現場観測が困難で実態の把握は進んでない。本研究は、洪水時における山地河川の水理特性の解明に向けた一歩として、複数地点での連続的な水位と表面流速の現地観測によって、河道地形と洪水時の水の流動様式との関係を明らかにすることを目的としている。特に、水位や水面勾配、表面流速と平均流速に着目して研究を行った。

2. 方法及び調査地概要

調査は静岡県南伊豆町青野に位置する樹芸研究所青野研究林（北緯 $34^{\circ}41'$ 東経 $138^{\circ}50'$ ）で行った。青野研究林の気象観測所における年降水量は、2,299mm、年平均気温は 15.4°C である。調査河道は、流域面積が268haのカスケード部とプール部からなる階段状の河川である。平水時の川幅は2.5~7mで、調査区間の平均河床勾配は0.042、最大水深は約70cmである（図1）。

2014年4月9日から10月18日にかけて以下の観測を行った。河床を形態によってカスケード部とプール部に分類し、それぞれの区間の水

位が測れるように考慮して圧力式水位計を地点1から地点9の9ヶ所に設置し5分間隔で水位を記録した（図1）。各水位観測地点間をカスケード部は頭にCを、プール部はPをつけ、続けて水位計番号を並べて名づけた。そして、各区間の距離と水位計測値から水面勾配を求めた。表面流速は、電波流速計を用いC4とP6付近の2ヶ所で計測した（図1）。流量は、同じ流域内の上流に設置された量水堰で観測された比流量に調査河道の流域面積をかけて概算した。雨量は青野研究林の気象観測所の観測結果を用いた。インターバルカメラを用いて地点4~地点6の様子を15分間隔で記録した。地上からのレーザ測量で得られた地形情報から主流路に沿った河床と水面の縦横断面図を作成した。流量を各地点の流積で除して平均流速を計算した。

3. 結果

観測期間中に、総降水量100mmを越えるイベントが4回あり、中規模から年1回規模の降雨時のデータを得ることができた。ただし、最も大きかった10月6日降雨時（総降雨量188.5mm、最大1時間雨量44.5mm）には地点1と8時15分以降の地点9で水位計に衝撃が加わり、正確なデータが得られなかった。観測した約50mの河道区間の中

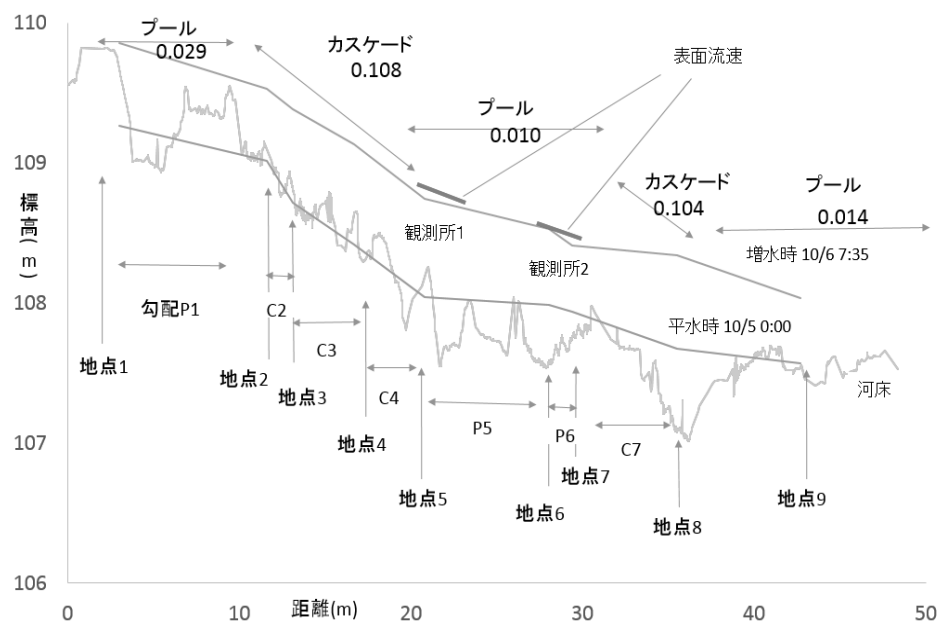


図1 調査河道の縦断面図と水位・水面勾配、表面流速観測地点。数字は各区間の勾配を示す。観測期間の最大水深と平水時の水位も示す。

でも降雨に対する水位変化は計測場所によって異なっていた。各地点のピーク時水位と降雨前水位を比べると、10月6日降雨時では、カスケード部の上昇幅は、52~78cm(平均 67 cm)、プール部が 47~74cm(平均 57cm)で違いは明瞭ではないがカスケード部で水位上昇幅が大きい傾向があり、これは他の3つの観測した降雨イベントにおいても共通していた。各地点間の勾配の変化を見ると、降雨前の水面勾配が急なカスケード部(C2、C3、C4、C7)では洪水時に水面勾配が減少し、ゆるやかになる一方で、降雨前の水面勾配が小さいプール部(P5、P6、P8)では、洪水時に水面勾配が増加した(図1、2)。その結果、特にC2~P5の区間では平水時には各区間で異なっていた水面勾配がピーク時に互いに近づいた(図2)。C4とP6における表面流速と平均流速を比べたところ、計算した断面平均流速は常にC4のほうが大きい結果となった(図3)。表面流速は、水位上昇に伴いP6で大きく増加する一方で、C4では表面流速の増加が小さく、ピーク時には表面流速はC6でP4に比べ1.5倍大きかった(図3)。水位上昇幅と表面流速の関係からも、C4部ではC6部に比べ水深の上昇に対する表面流速の上昇が小さいことがわかった(図4)。

4. 考察

C2~P5の区間では、水位上昇に伴い水面勾配が収束する傾向にあり、その収束する値は調査河道の平均勾配0.042に近かった。階段状河道では平水時には水面勾配が多様だが、洪水時には水位上昇に伴い水面勾配が一様になっていき、数十m区間の河道勾配に近づくと考えられる。表面流速と平均流速の関係(図4)は、水位上昇に伴い、プール部(P6)では水面近くの流速が急増するのに対し、カスケード部(C4)では表面流速があまり増加しない流速分布になることを示した。この変化は、水深増加に伴い、段落ち部分で渦が発生し、水面近くの流速上昇が妨げられることを示した階段状河床の水路実験が示す増水時の流動様式の変化と合致している。カスケード部からプール部に差し掛かるところでは洪水時に複雑な流速の変化があることが示唆された。

5. まとめ

山地河道における現地観測から水面の変化する様式を捉えることができ、平水時には巨礫やステップの配置に支配されていた水面勾配が、流量が増えるとカスケードとプール部含むより長い河道区間の勾配に支配されるようになる様子がわかった。また、先行する水路実験から予測された流動様式の変化の存在も現地での実測によって示唆された。

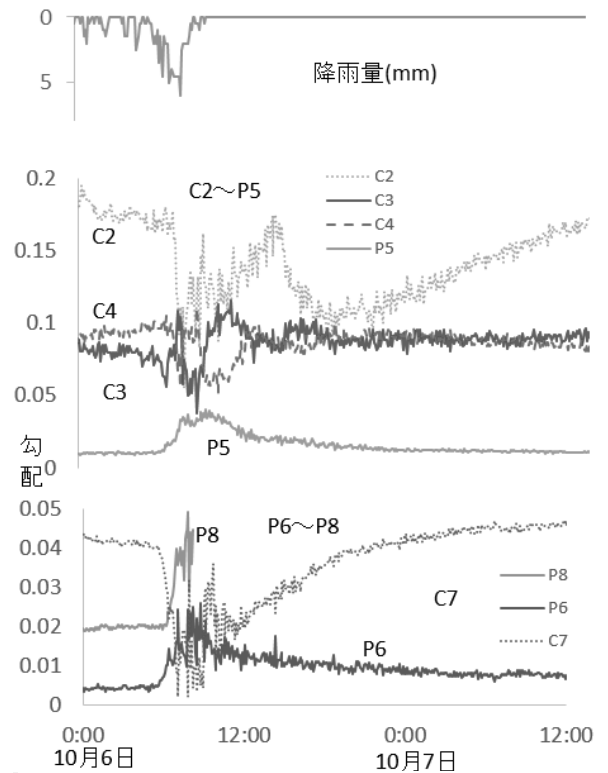


図2 降雨時の水面勾配の時間変化

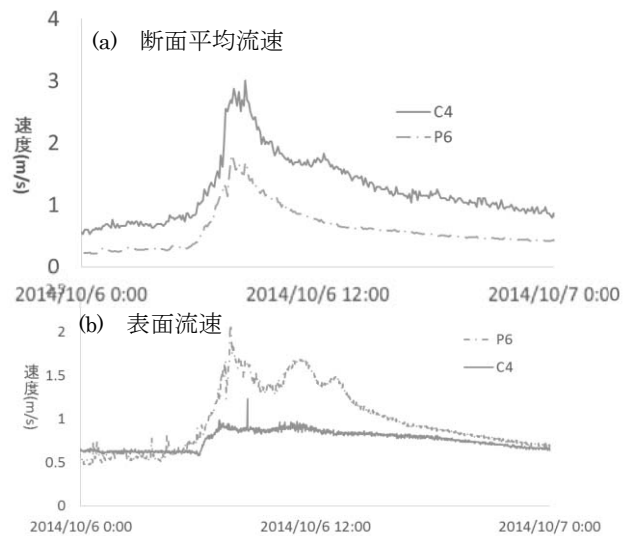


図3 (a) 断面平均流速、(b) 表面流速の時間変化

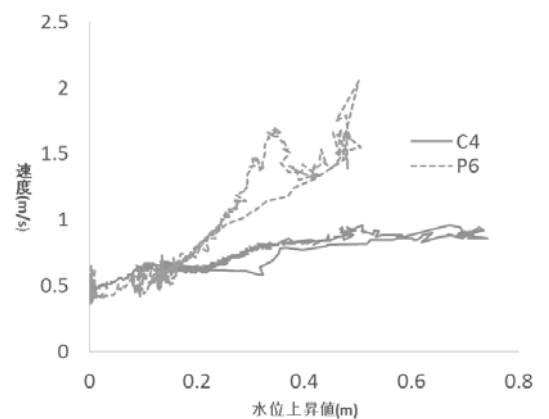


図4 水位上昇値と表面流速の関係