

1. はじめに

砂礫を河床材料とする山地河川では、落差のある Step と平坦な 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、山地河川に生息する生物に様々なスケールの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。また、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。現在砂防工学の分野では、砂防事業における自然環境への配慮や、河川の総合土砂管理が社会的に求められている。さらに、河川生態系と土砂の移動現象との関係も注目されており、両者と密接に関わっている Step-Pool についての知見が重要である。

著者らは、上述のような観点から Step-Pool の形状及び分布特性に関する調査・研究を新潟県内の河川を対象に進めてきた。岡崎ら (2005) は、河道条件が Step 形状に与える影響の程度が地域によって異なることを示唆し、地域差を生じさせる要因として、地形、地質、降雨量、比流量などを挙げている。そこで、本研究では、特に降雨量に注目し、新潟県と気候区分の異なる太平洋側で調査を行い、河道条件と Step-Pool の形状の関係に違いがみられるか、既存のデータと比較、検討した。

2. 調査地・調査方法

2005年11月に、三重県津市の三重大学紀伊・黒潮生命地域FSC附帯施設演習林内の西俣谷(雲出川上流域)で調査を行なった。この流域は、年平均降水量が2481mmで、降雨は冬季に少なく、夏季に多い。さらに、三重大学演習林報告より、1961-1995年の年最大日雨量を見ると、1994年に最大392mmの日雨量が観測されている。これに対して、著者らがこれまで調査を実施した新潟市周辺の山地流域は、年平均降水量は2000mm程度であるが、年間を通じて毎月、約150~200mmの降雨がある多雪地帯である。このように、両地域の降雨特性は異なっている。

Step-Pool が形成されている区間に調査プロット(プロットの長さ、平均勾配はそれぞれ390m, 0.144)を設け、Step-Pool の形状及び河道条件の計測を行った。形状については、Step 高、Step 間隔、Step 幅、Pool 長、Pool 幅、Pool 深、落差を計測し、河道条件については、河床の縦断測量と低水路幅、高水路幅の計測に加え、Step 構成礫の粒径と礫数の計測をした。西井ら(2003)、岡崎ら(2005)が調査した、新潟県内の7河川(佐渡市の古川及び五十浦川、西蒲原郡巻町の乙尻沢、新発田市の大沢、板山川及び灯明沢川、五泉市の大蔵川)のデータと比較した。

また、年最大日雨量データ(二王子岳のアメダスデータ:1976-2005年、三重大学演習林報告:1961-1995年)から確率雨量を求め、大沢、板山川、灯明沢川、西俣谷の4河川の各プロットについて、確率雨量から5・20・50・100・200年確率洪水の流量を推定した。

3. 結果および考察

3.1 Step-Pool 形状

表1は、新潟県内の7河川のうち、西俣谷とプロットの平均勾配が同程度の各プロットの Step-Pool の形状についてまとめたものである。河川間で、平均値が2倍以上異なるような大きな違いはみられなかった。これは、Step-Pool のスケールに影響を与える河道条件(プロットの平均勾配、Step 構成礫の粒径、低水路幅)に大きな差がなかったためであると考えられる。

表1 各プロットのStep-Poolの形状

河川:プロット	Step部				Pool部					
	Step差高(m)	Step間隔(m)	β (%)	Step幅(m)	粒径(m)	Pool長(m)	Pool幅(m)	Pool深(m)	低水路幅(m)	
乙尻沢:C (n=27)	mean	0.50	2.78	0.19	2.63	0.59	1.74	1.76	0.33	1.67
	s.d	0.43	1.94	0.13	1.37	0.44	0.98	1.35	0.14	1.02
大蔵川:D (n=43)	mean	0.53	3.03	0.19	3.53	0.58	1.22	1.34	0.42	2.70
	s.d	0.29	1.09	0.11	0.76	0.23	0.49	0.66	0.15	0.88
灯明沢:B (n=20)	mean	0.67	5.35	0.13	4.38	1.06	1.95	1.43	0.56	3.58
	s.d	0.38	2.22	0.08	1.54	0.45	0.77	0.45	0.09	0.98
西俣谷 (n=85)	mean	0.60	4.60	0.14	3.09	0.78	1.55	1.34	0.37	2.01
	s.d	0.42	2.14	0.09	0.90	0.28	0.96	0.83	0.19	0.99

(※) β = Step差高 / Step間隔

Step-Pool の形状は、Step 高と Step 間隔によって特徴づけることが出来る。著者らは、新潟県内7河川の調査から、Step 高及び Step 間隔は、それぞれ Step 構成礫の粒径、低水路幅と正の相関関係にあるという知見を得ている(図1, 2)。Step 構成礫の粒径と Step 高の比のプロット平均は、新潟県内7河川(古川のプロットF, 大蔵川のプロットDを除く)で、約0.5~1.2の範囲であり、西俣谷では約0.74であった。また、Step 間隔と低水路幅の比のプロット平

均は、新潟県内6河川（乙尻沢のプロットDを除く）では、約1~2であるのに対し、西俣谷は約2.7であった。これは、調査を実施したのが冬季で、流量が少なかったために低水路幅の値が小さくなったと考えられる。西俣谷のStep間隔とStep幅の比は、約1.6であった。以上の結果から、西俣谷と新潟県内7河川の間で、河道条件とStep-Pool形状の関係に大きな違いはみられず、西俣谷のデータは従来の知見と同様な傾向を示していると言える。

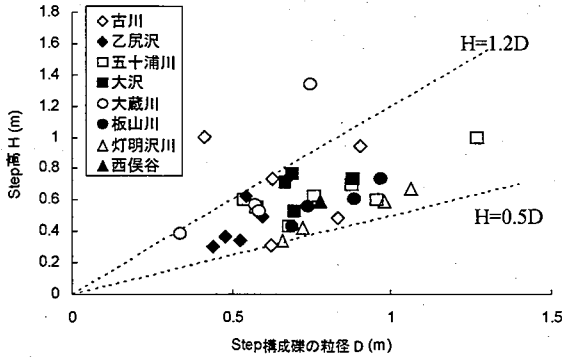


図1 Step高と粒径の関係
※ポイントは全てプロット平均値

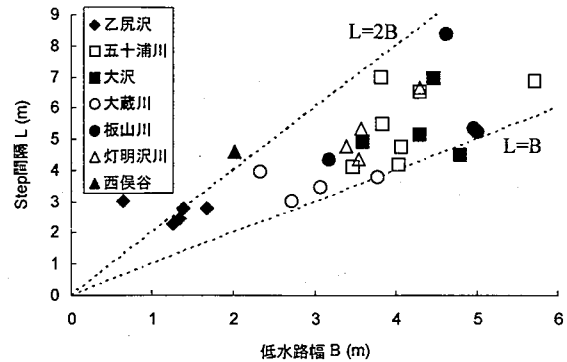


図2 Step間隔と低水路幅の関係
※ポイントは全てプロット平均値

3.2 Kennedyの式によるStepの形成流量の検討

芦田ら(1984)に従い、Step間隔はKennedyの式から求められる反砂堆の波長 λ と等しいものと見なせると仮定し、Step間隔の実測値と5・20・50・100・200年確率洪水に対応する水理量から各プロットの無次元化波数 k_s ($=2\pi h/\lambda$, h :水深, λ :Step間隔)とフルード数 Fr を求め、Kennedyの理論曲線と比較した。

藤田・道上(1995)の千代川水系河川の結果によると、5年確率洪水の場合、データの分布がKennedyの理論曲線にほぼ一致している(図3-b)。現存の階段状河床形は、過去の洪水履歴のもとに形成されたものであるため、藤田らは、千代川水系河川の階段状河床形の形成流量は5年確率洪水に相当すると考えた。本研究では、全体的に見ると、2年確率の場合、データの分布がKennedyの理論曲線とほぼ一致していた(図3-a)。また、個々のプロットに注目すると、20~200年確率洪水の場合、大沢のプロットC・D及び板山川のプロットA~Cでデータの分布がKennedyの理論曲線と一致していた(図3-c)。

藤田らに従えば、本研究の調査プロットには、形成流量が2年確率洪水に相当するプロットと、20年以上の確率洪水に相当するプロットが存在することになる。このような結果が得られた理由は、大沢のプロットC・Dは、河川の最上流に位置し、流域面積が他のプロットと比べて小さかった。また、板山川のプロットA~Cは、他のプロットと比べて河幅が大きかったためと考えられる。

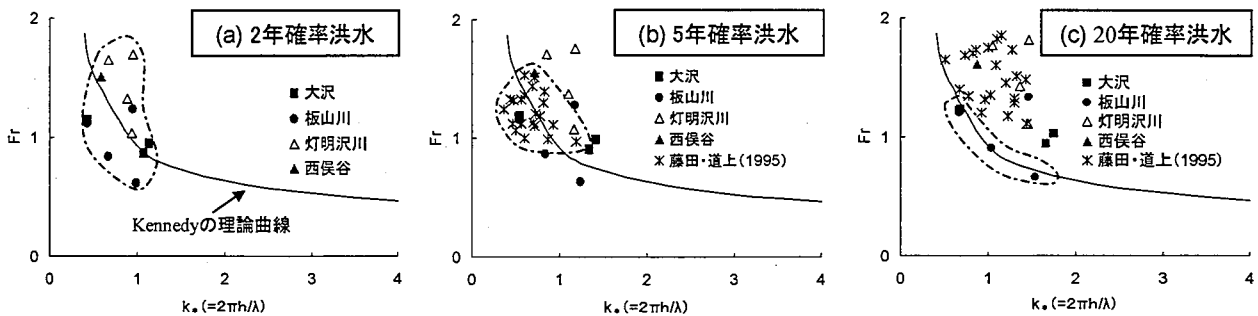


図3 確率洪水による k_s と Fr の関係の違い
※ポイントは全てプロット平均値

4. まとめ

降雨特性の異なる地域の河川間で河道条件とStep-Poolの形状の関係について比較を行なったが、明瞭な違いはみられなかった。また、Stepの形成流量について検討した結果、Step間隔が同程度のプロットでも、形成流量は異なる場合があった。これは、流域面積や河幅のスケールの違いによるものと考えられる。したがって、Step-Poolの形成過程は、降雨量のみでなく、地形や地質、比流量などを包括して考察する必要があるといえる。

5. 参考文献

芦田ら(1984): 階段状河床形の発生機構と形状特性, 京大防災研究所年報, 第27号B-2, pp.341-53
 藤田・道上(1995): 千代川の淵の構造と魚類の生息, 鳥取大学工学部研究報告, 第26巻, pp.181-93
 西井ら(2003): 実河川における階段状河床形と河道条件の関係, 平成15年度砂防学会研究発表概要集, pp.382-83
 岡崎ら(2005): 山地河川におけるStep-Pool構造の形状特性, 平成17年度砂防学会研究発表概要集, pp.410-11
 島田・万木(1999): 三重大学生物資源学部平倉演習林気象報告, 三重大演報(23), pp.33-167
 島地ら(1992): 三重大学生物資源学部附属平倉演習林気象報告 自1961~至1990, 三重大演報(17), pp.211-45