

治山堰堤堆砂域と自然溪流における溪流環境の比較

九州大学生物資源環境科学府 ○奥山遼佑、農学研究院 久保田哲也 篠原慶規

1. はじめに

溪流では土砂災害防止や山脚の固定による森林斜面の安定化を目的として人工構造物が作られるが、このような構造物の建設は、河床粒径や勾配、水深といった溪流環境に大きな影響を与える（久保田ら 2011）。特に治山堰堤では、溪流が分断されるだけでなく、堰堤に土砂が堆積してできた堆砂域の上に、傾斜や流路が異なる新しい流れが形成される。このような溪流環境の変化は、溪流魚や水生生物に影響を及ぼすことが懸念されている（玉井ら 1993）。

しかし、実際に、治山堰堤堆砂域と自然溪流の両方で溪流環境を計測した研究は少ない。そのため、治山堰堤の建設が溪流環境の中でどのような要素に影響を与えるのかは分かっていない。

そこで本研究では、同一溪流内の治山堰堤堆砂域と自然溪流において、水深の横断形状と流速を計測し、両者の平均値と変動係数、複雑さを比較した。さらに、判別分析を行うことで、堆砂域と自然溪流の環境の違いを説明する際、これらのどの要因が影響を与えているのかを調べた。

2. 調査対象地

本研究では、九州大学福岡演習林内を流れる新谷川上流林道沿いの二つの治山堰堤（両者ともに高さ 5 m）の堆砂域と同一溪流内の自然溪流を調査対象地とした（図 1）。

上流側の堰堤を D1 とし、この堰堤から上流へ 4 m, 8.5 m, 24 m の地点に測線を設けそれぞれ D1-1, D1-2, D1-3 と名付けた。同様に下流側の堰堤を D2 とし、2 m, 6 m, 15 m 地点に測線を設け、それぞれ D2-1, D2-2, D2-3 と名付けた。また、自然溪流について堰堤 D2 の堆砂末端直上流に測線 N1, D2 の下流に測線 N2, N3, N4 を設置した。

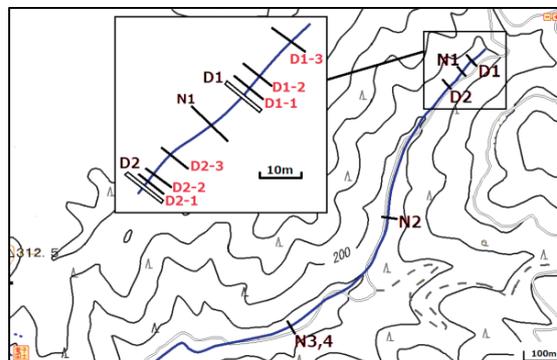


図 1. 研究対象地概要

3. 方法

3.1 現地での計測方法

6月から11月にかけて、約1ヶ月間隔で、7回の計測を行った。流下方向から右側を右岸、左側を左岸とし、各測線で右岸を基準として計測を行った。右岸側の流路となっている地点を始点として 20 cm ごとに水深を計測した。さらに、流路を 4 等分する 3 点において、表面から、各点の水深の 60% の位置で流速を計測した。流速の計測にはプロペラ式流速計（CR-7, コスモ理研）を用い、5 秒に 1 度の間隔で、計 20 回値を記録した。

3.2 解析方法

本研究では、計測回ごとに、それぞれの測線において、水深と流速の平均値と変動係数（CV）を計算し、解析に用いた。なお、流速の CV については計測した 3 点の平均値とした。

また、それに加え、本研究では複雑さの指標としてフラクタル次元（FD）を用いた。フラクタル次元とは図形の形状や分布の複雑さを定量的に表す指標であり、値が大きくなるほど複雑であることを意味し、今回の場合、理論的には 1.0 から 2.0 の値をとる。本研究では、水深の空間変動と流速の経時変化について、フラクタル次元を計算した。フラクタル次元解析には画像解析ソフトの ImageJ を用い、ボックスカウント法で行った。

上記のように得られた6つの要素について、堆砂域と自然溪流でその平均値に有意な差があるかどうかを、t検定を用いて調べた。なお、7月、10月、11月に行った3回の計測では、堆砂域の一部で流れが途絶えていたため、自然溪流のデータのみしか取得できなかった。そのため、それ以外の4回の計測データを用いて解析を行った。

また、堆砂域と自然溪流の違いを説明する際、6つの要素のうち、どの要素の影響が大きいかを判断するために判別分析を行った。判別分析とは、データが持つ複数の変数(説明変数)に基づいて、あるデータがどのグループに属するかを判別する方法である。この際、2群を判別するのに最も有効な関数として判別関数式が求められ、 p 値を用いて、各説明変数の有意性が確かめられる。本研究では、堆砂域と自然溪流をそれぞれひとつのグループ(群)として、判別関数式を作成し、その際の各説明変数の有意性を比較した。

4. 結果と考察

4.1 各要素での比較

6つの要素について、堆砂域と自然溪流で比較したところ(表1)、平均水深、水深のFD、流速のCV、流速のFDについて、堆砂域よりも自然溪流の方が大きくなった(t検定; $p<0.01$)。

表1. 平均値の差の検定

	堆砂域	自然溪流	p 値
平均水深 cm	4.43	13.75	<0.01
平均流速 cm/s	19.99	27.27	0.18
水深 CV	0.57	0.551	0.67
流速 CV	0.16	0.269	<0.01
水深 FD	1.08	1.120	<0.01
流速 FD	1.07	1.089	<0.01

堆砂域では浅く広い形状であるとともに、水が伏流して流量が減少することが既往の研究によって報告されている(大浜ら2009)。そのため、本研究においても平均水深に差が見られたと考えられる。一般的に、河床面での粒径が小さくなれば、水深の変動が小さくなることが知られている。本

研究で対象とした堆砂域の河床粒径は、自然流よりも明らかに小さかった。そのため、堆砂域では、自然溪流よりも水深のFDが小さくなったと考えられる。

4.2 判別分析

今回得た6つの要素で堆砂域と自然溪流を分ける判別関数式を作成したところ、判別率的中率は100%となり両者はよく判別された。

また、各要素の寄与度を調べたところ、平均水深が $p<0.01$ 、水深FD、流速FDが $p<0.05$ となり、寄与度は平均水深、水深FD、流速FDの順であった(表2)。特に、この中でも水深の寄与度が高く、堆砂域と自然溪流の違いを説明する上で特に大きな要因となっていると考えられる。

表2. 判別関数

変数	判別係数	p 値
平均水深 cm	-2.24	<0.01
平均流速 cm/s	-0.05	0.583
水深 CV	-15.02	0.070
流速 CV	-2.62	0.868
水深 FD	-74.46	0.025
流速 FD	-208.96	0.034
定数項	338.11	

5. おわりに

本研究では、九州大学福岡演習林内の新谷川に設置された治山堰堤の堆砂域と自然溪流において、水深と流速を計測し、両者の平均値とCV、FDの比較を行った。その結果、既往の研究で指摘されていたのと同じように、平均水深で特に大きな差が見られたが、水深FDや流速FDについても差が見られた。このことから、堰堤の設置は、水深だけでなく、溪床形状の複雑さや流速の経時変化の複雑さを変化させる可能性が示唆された。

引用文献

久保田ら(2011) 砂防学会研究発表概要集 312-313
 玉井ら(1993) 河川生態環境工学 東京大学出版会
 大浜ら(2009) 水利科学 53(3) 52-69