

国土交通省
 京都大学大学院農学研究科
 京都大学大学院農学研究科
 京都大学防災研究所

○瀧口茂隆
 藤田正治
 水山高久
 澤田豊明

1. はじめに

昨今流域全体の土砂管理の重要性が指摘され、山地から河口に至るまでの土砂の動態を明らかにする必要性が生じている。そこで本研究では、山地河川の特徴である階段状河床を呈する実河川において浮遊砂の流送過程実験を行った。また、山地河川の特徴を考慮して本実験のシミュレーションを行うことによって、どのような特徴が浮遊砂の流送過程に大きな影響を与えるのかについて検討した。

2. 実験

2.1 実験の概要

実験河川は図-1 に示す神通川上流の京都大学防災研究所ヒル谷試験流域(0.85km²)内の試験ダム下流の部分である。この部分は階段状河床形状を呈していて、平均勾配は0.08であるが、段差を除いた部分の平均勾配は0.03である。実験はヒル谷の豊水量にあたる59l/sと平水量にあたる32l/sの時に行われた。実験に用いた砂は表-2のような平均粒径と沈降速度をもつパールクレーと7号砂である。

実験方法は図-1の暗渠直下から砂を一気に投入し下流の各測定ポイントにおいて一定時間間隔に採水することによって浮遊砂濃度の時間変化を得た。

2.2 結果

図-2, 3は流量59l/sの実験における各ポイントの濃度の時間変化と通過した浮遊砂量を表したものである。図-2からは流下するに従ってピーク濃度が減少し、かつ流下方向に拡散している様子がわかる。粒径別に見ると粒径の大きな砂ほどピーク濃度が減少している。また、図-3からは粒径の小さなパールクレーは減少量が少ないのに対し、7号砂は下流端で2割程度にまで減少している。実験後の河川を観察すると、主流部分に堆積している砂は見られなかったが、プール部のよどみ部分に堆積している砂が確認できた。

ところで、山地河川の特徴としては河床を構成する大きな礫による細砂を遮蔽する効果、プール部における浮遊砂濃度の希釈、横断方向への輸送、流送の遅延などが考えられるため、シミュレーションにそれらの特徴を考慮する必要がある。

3. シミュレーション

3.1 基礎式とプールの配置

現地調査により、実験河川の上流部には連続プール、下流部にはプ

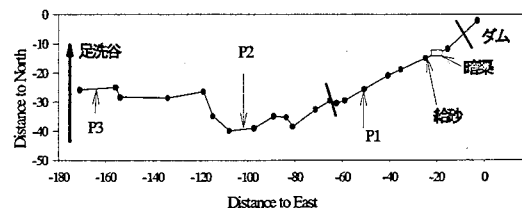


図-1 ヒル谷

表-1 投入した砂

	パールクレー	7号砂
投入量(kg)	20	30
平均粒径(mm)	0.0071	0.217
沈降速度(cm/s)	0.0045	2.81

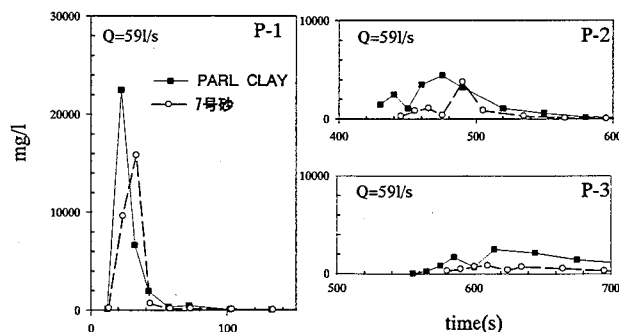


図-2 各ポイントにおける濃度の時間変化

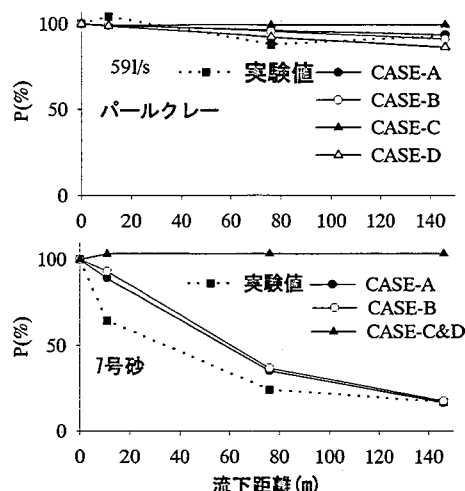


図-3 各ポイントを通過した浮遊砂量

ールと平坦部が交互に存在することから、それに従いプールを配置した。また、ヒル谷は大小様々なプールからなるが、代表的なプールは深さ 25cm, 長さ 1m である³⁾。プールの幅 B_s はレジーム則 $B_s=5Q^{0.5}$ より求め、主流部の川幅、よどみの長さは B_s に応じて図-4 のように変化させている。

プール内での土砂収支には、以下の式(1)を用いた。

$$dC_p/dt = (C_{pi}Q - C_pQ - 2q_{ps}L_p h_p) / B_p h_p L_p \quad \dots(1)$$

ただし、 C_p : プール内の浮遊砂濃度, t : 時間, C_{pi} : プールに流入する浮遊砂濃度, Q : 流量, q_{ps} : 浮遊砂のよどみへの輸送量, B_p, h_p, L_p : プールの主流部分における幅, 深さ, 長さである。

プール内での横断方向への輸送量は、以下の式(2)を用いて求めた。

$$q_{ps} = \varepsilon_y \partial C / \partial y \approx \varepsilon_y (C_p - C_{ps}) / L \quad \dots(2)$$

ただし q_{ps} : 横断方向への輸送量, ε_y : 横断方向の拡散係数, C_p : プール部の濃度, C_{ps} : よどみ部の濃度, L : 特性長, h_p : プールの深さであり、 $\varepsilon_y = a u_* h_p$, $a=0.035$, $L=h_p$ とし、よどみ部では沈降, 堆積のみ行われるとして求めた。ここで、 u_* : プール内の主流部分の摩擦速度である。

平坦部においては勾配を 0.03 とし、ソース項を考慮した拡散方程式¹⁾を鉛直方向に積分した以下の式(3)を用いて求めた。

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_0^h C dz + \frac{\partial q_s}{\partial x} = -w_0 C(0) + q_{su} \quad \dots(3)$$

ただし、 h : 水深, x : 流下方向, q_s : 単位幅あたりの浮遊砂量, w_0 : 粒子の沈降速度, $C(0)$: 河床面濃度, q_{su} : 河床からの浮上量であり、 q_{su} は芦田・道上の底面濃度算定式²⁾より算出している。河床礫の遮蔽効果¹⁾はこの式のパラメータ u_* の係数として表現される。

3.2 シミュレーション結果

それぞれの特徴が流送過程に与える影響を求めため、表-2 のようにプールの有無と遮蔽の有無に分けて4つの CASE で行った。下流端における濃度の時間変化を図-5 に示す。7号砂、パールクレーともにプールの影響により、到達時刻が遅延される。また、7号砂は礫の遮蔽の影響を受け、ピーク濃度の減少が見られるが、パールクレーは遮蔽の影響を受けない。そして結果的にプール、遮蔽を考慮することにより実験値に近づいている。また、図-3 には各ポイントを通過した浮遊砂量の実験値と計算値の比較を示している。パールクレーはすべての CASE で砂が 100% 近く下流まで達しているが、7号砂ではプールを考慮しない場合では砂がほぼ 100% 下流に達しているのに対し、プールがある場合ではよどみ部分で捕捉され、下流に達する浮遊砂量が減少している。

4. まとめ

階段状河床上の浮遊砂の流送過程には、プール部が到達時刻の遅延とピーク濃度の減少に与える影響が大きい。また、粒径の大きい砂は、よどみによる捕捉、河床礫の遮蔽の影響を大きく受けることがわかった。

参考文献

- 1) 瀧口ら 平成12年度砂防学会発表会, p382~383, 2) 芦田ら 京都大学防災研究所年報13号B, p239~242,
- 3) 澤田豊明 1985, 京都大学学位論文

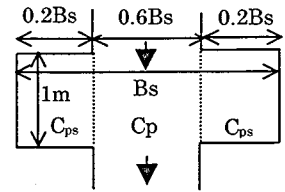


図-4 代表的なプールの形

表-2 シミュレーションの CASE

	礫の遮蔽	プール
CASE-A	あり	あり
CASE-B	なし	あり
CASE-C	あり	なし
CASE-D	なし	なし

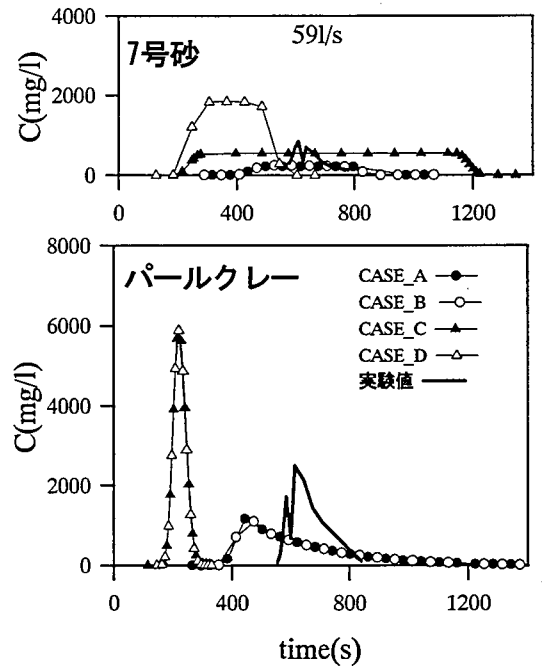


図-5 下流端における濃度の時間変化