

実験河川における土砂供給実験のための給砂手法の検討について

大日コンサルタント株式会社	環境・水工部	正会員	藤井孝文
大日コンサルタント株式会社	環境・水工部	正会員	吉田和幸
大日コンサルタント株式会社	環境・水工部	正会員	大井照隆
大日コンサルタント株式会社	環境・水工部	正会員	原田守啓

1. はじめに

ダム下流域では土砂供給量の減少によって河床の粗粒化が生じ、河川生態系への影響が懸念されている。近年、ダム下流域における河床環境の改善を目的として土砂還元等の試みが行われているが、研究例は少なく、その効果を適切に評価することが困難な状況にある。そのため、土砂還元に伴う河床環境の変化や生態系に及ぼす影響を明確にし、評価手法を確立するには、実験河川における土砂供給実験が大きな意味を持つ。本研究は、土砂供給実験に際して、土砂量を制御しながら供給する手法について検討したものである。

2. 土砂供給実験の概要

(1) 実験施設の概要

本実験は（独）土木研究所自然共生研究センター内の実験河川 B, C を利用して行った。B 河川を土砂還元する河川, C 河川をしない河川と見立てて、各河川に径 100mm 程度の礫を河床に敷き詰めた実験区間（約 120m, 河床幅 2m, 河床勾配 1/200）を設定し、数週間に亘って流量と土砂（B 河川のみ）を供給し、一次生産速度、付着藻類、底生動物、魚類等を調査した。

B 河川の実験区間上流側には、土砂を盛った給砂区間（約 60m、河床幅 3m）を設定し、実験区間に自然流下させる形で給砂した。給砂区間の下流端には、下流水位の影響を避ける目的で固定堰（高さ 0.5m、幅 3.0m）を設け、固定堰天端から上流に向かって一定勾配で土砂を盛り、その縦断勾配により給砂量を制御した。また、給砂区間湾曲部の偏流を抑制する目的で、

河川を横断方向に3分割するガイド板を設置した。

給砂に用いた土砂は、調達可能な土砂の量、実河川に流入する実験河川の特性等を考慮して、木曽川産の川砂 (D_{50} =約 0.5mm) とした。

流量の制御は、実験河川上流の鋼製起伏ゲートにより行った。実験施設の状況を図-1 に示す。

(2) 実験ケースの設定

実験条件は、流量と給砂区間の縦断勾配によって制御するものとし、給砂区間からの流砂量と実験区間の土砂の流送能力を流量毎に計算して設定した。

給砂区間からの流砂量は、給砂区間が平坦河床領域と河床波発生領域の遷移区間に入る見込みであることから、平坦河床と河床波の発生を見越した流砂量を見積もることとした。平坦河床の流砂量は、(1)式に示す芦田・道上式により求めた。また、河床波の発生を見越した流砂量は、有効掃流力を(2)式に示す芦田・道上式により評価し、(1)式に適用した。

$$q_{B^*} = 17\tau_*^{3/2} \left(1 - \frac{\tau_{*c}}{\tau_*}\right) \left(1 - \sqrt{\frac{\tau_{*c}}{\tau_*}}\right) \quad (1)$$

$$\frac{U}{U_{*c}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{H}{D(1 + 2\tau_*)} \quad (2)$$

実験区間が完全に砂に覆われない状況で実験を行うため、給砂区間からの流砂量が実験区間の流送能力以下となる実験条件として、また、土砂の補給能力を考慮して、流量は 100L/s (0.1m³/s), 150L/s (0.15m³/s), 200L/s (0.2m³/s) の 3 ケースとし、給砂勾配は 1/400 と設定した。実験条件の設定を表-1 に示す。

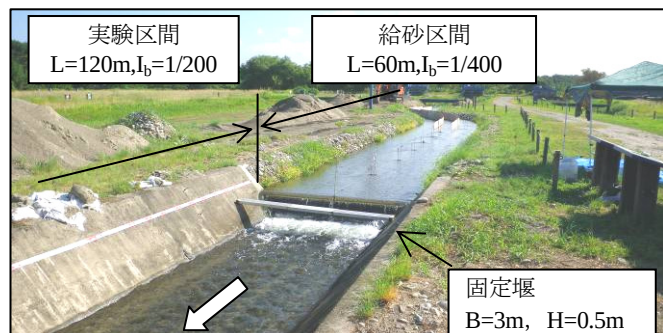


図-1 実験施設の状況(B 河川)

表-1 実験条件の設定

流量	実験区間	給砂区間からの給砂量の想定			
	の土砂の 流送能力	給砂勾配1/400		給砂勾配1/200(参考)	
		平坦河床	河床波有	平坦河床	河床波有
L/s	m³/日	m³/日	m³/日	m³/日	m³/日
100	8.60	3.54	0.71	12.36	2.56
150	21.17	10.08	1.75	29.24	7.03
200	34.37	16.96	1.94	46.18	7.56

3. 土砂供給実験における給砂結果

土砂供給実験は、平成 22 年 8 月～9 月に行い、給砂量が想定どおりとなっているのかを確認するため、実験期間中における給砂区間への土砂の補給量、固定堰直下の給砂量、給砂区間の給砂面形状等を計測した。

給砂区間への土砂の補給は、自然流下で減少した土砂を初期給砂面まで復旧するため、給砂区間の最上流部に土砂を投入した後、レーキで給砂面を整正し、給砂面を極力一定の状態に保つよう管理した。土砂の補給頻度は、予め想定した給砂量から 100L/s は 3 日に 1 度（人力投入）、150L/s、200L/s は 2 日に 1 度（機械投入）とした。施工精度等により、実験期間中の給砂勾配は 1/400～1/800 の範囲での給砂となったが、給砂区間への土砂補給量については、想定した給砂量の範囲内となった。実験期間中の土砂補給量を表-2 に示す。

固定堰直下の給砂量については、本実験に合わせて製作したサーバーネット（HOGA 社製、開口部 500mm×100mm、目合い 0.5mm）により、堰を越流する流砂を捕捉して計測した。土砂補給直後には、河床波が発生し、給砂量は一旦増加するが、時間が経つと河床波が消え、給砂量は減少した。固定堰直下の給砂量の計測結果を図-2 に示す。

給砂区間の給砂面形状については、土砂の流出が進むと給砂区間の上流から給砂面高が低下した。また、給砂区間に滞筋が形成されて流水が集中するとともに、固定堰上流で給砂面の粗粒化が進み、土砂が移動しにくくなる状況が観察された。給砂面形状の変化の状況を示す一例として、150L/s における給砂面形状の計測結果を図-3 に示す。

4. おわりに

実験河川における土砂供給実験に際して、給砂区間から実験区間に供給する土砂の量の監視と管理には細心の注意を払ったが、給砂量については土砂の補給前後で変動がみられる結果となった。

実験河川における土砂供給実験は、取り扱う土砂量が大きく、制御が難しいものであるが、河川生態系といった観点から河床環境の評価手法を確立するためには、実河川スケールでの研究が必要不可欠である。

今後も、土砂水理学的な知見を活用しながら、実験河川における土砂供給実験のため、土砂を安定的に供給できる給砂手法の改善を図りたい。

表-2 実験期間中の土砂補給量

流量	実験期間中の土砂補給量			想定給砂量	
	給砂勾配1/400～800			給砂勾配1/400	
	実験期間	土砂補給量		平坦河床	河床波有
L/s	日	m ³	m ³ /日	m ³ /日	m ³ /日
100	16	12.2	0.76	3.54	0.71
150	18	39.5	2.19	10.08	1.75
200	14	62.0	4.43	16.96	1.94

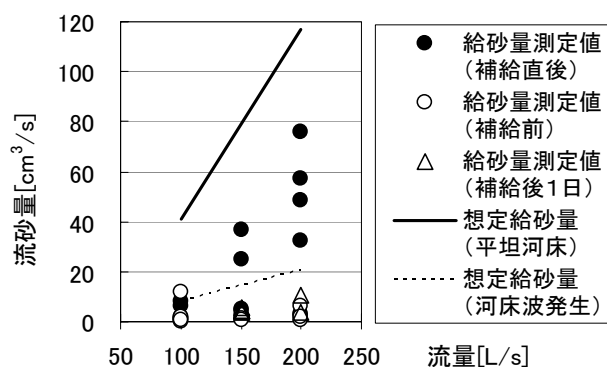


図-2 固定堰直下の給砂量の計測結果

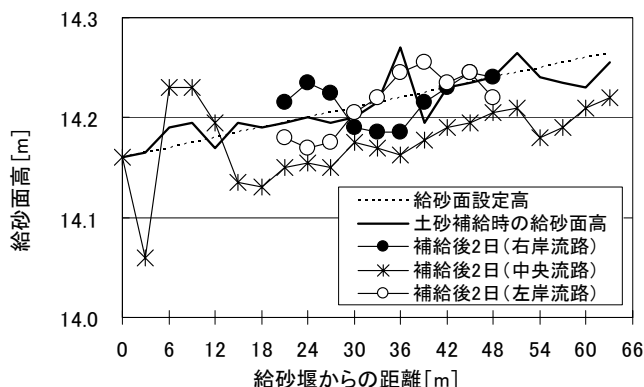


図-3 給砂面形状の計測結果(150L/s の例)

謝辞: 本実験は、(独) 土木研究所自然共生研究センターの委託により行われた。本検討にあたり、自然共生研究センター・センター長 萱場祐一氏を始めスタッフの方々、岐阜大学藤田裕一郎教授(岐阜大学流域科学研究センター長)には、多大なるご協力、ご指導をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 原田守啓, 藤田裕一郎, 水上精栄, 萱場祐一: 実験河川石礫床区間への土砂供給による河床状態と流水抵抗の変化に関する実験的研究, 水工学論文集, 第 55 巻, 2011. (掲載予定)
- 2) 土木学会: 水理公式集平成 11 年版, pp.162-165, 1999.