

## 自然河道における出水中の土砂堆積特性について

(一財)砂防・地すべり技術センター ○ 池田暁彦  
 (現 国土交通省立山砂防事務所) 三上幸三  
 京都大学大学院農学研究科 水山高久  
 日本工営(株) 長山孝彦 伊藤隆郭

### 1. 結論

山地河川では出水中に多量の土砂が生産・流出する。しかし、生産土砂は一出水中に全量流出することは少なく、出水中～後に河道内に堆積残存し、その後の出水で二次的に流出すると考えられる。砂防基本計画においては、この現象を自然河道が持つ調節機能として捉え、河道調節量として計上している。

一方、出水後の土砂堆積実態については調査されるが、出水中の水理的挙動が把握できないため、実際に出水中の土砂堆積特性は明確でない。

本研究は、対外的に理解されやすい(明確な根拠がある)砂防基本計画を策定することを念頭に、河道調節の考え方を検討するための基礎データとして、自然河道を模した水理模型実験を用いて出水中における土砂堆積特性について考察した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験模型

実験模型は、砂防基準点の上流域において河床勾配が1/100～1/50の掃流区間で、彎曲部や狭窄・拡張の河幅の変化が多く、河床変動が河道平面形状の影響を受けるような自然河道(例えば、安倍川、常願寺川、神通川など)を想定して河床勾配1/70の模型を製作した(図-1)。模型縮尺は実験効率を考慮して現地に対する縮尺を1/75程度、また、土砂堆積現象に特化するとともに、前の出水からしばらく時間が経過してアーマリングが進行した河床状態での出水を想定して固定床とした。

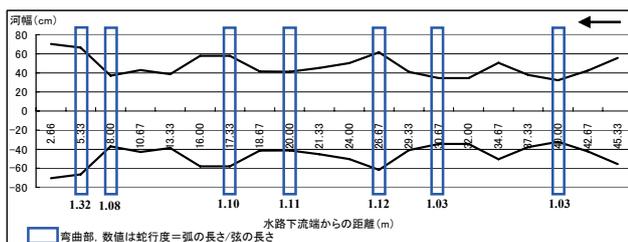


図-1 実験模型の河幅と彎曲部の状況図

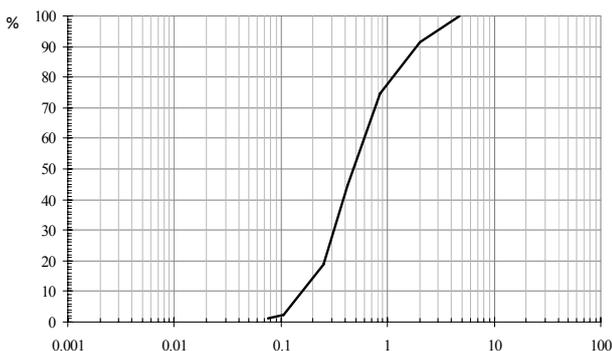


図-2 実験砂の粒度分布

#### 2.2 実験条件

流量条件は、出水時における土砂堆積特性を把握するためにピーク流量を定常供給する矩形ハイドログラフとした。ピーク流量は流域スケールを100～200km<sup>2</sup>、100年超過確率日雨量300mm程度を想定して1,250m<sup>3</sup>/s(模型値の流量:25.7l/s=ケース1)、さらに大規模な出水を想定して2倍の2,500m<sup>3</sup>/s(模型値の流量:51.3l/s=ケース2)の2ケースとし、それぞれの通水時間を120minと180minとした。

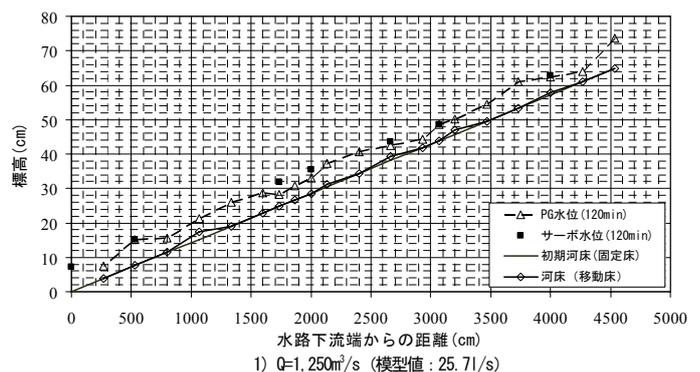
実験砂の粒径分布は一般的な自然河道を想定しつつ、河床変動の相似則を考慮して細粒成分を除外した粒度分布とし(図-2)、水路上流端からの平衡給砂とした。95%粒径の混合砂の計算による移動限界流量は83m<sup>3</sup>/sである。

実験では、図-1に示した各断面での主流位置の水位、河床位を計測し、いくつかの断面においてサーボ式波高計で水位の時間変化を計測し、実験後には河床位を計測した。土砂堆積特性とともに自然河道における調節機能を評価するために、水路内の堆積土砂量と水路から流出した土砂量を計測した。

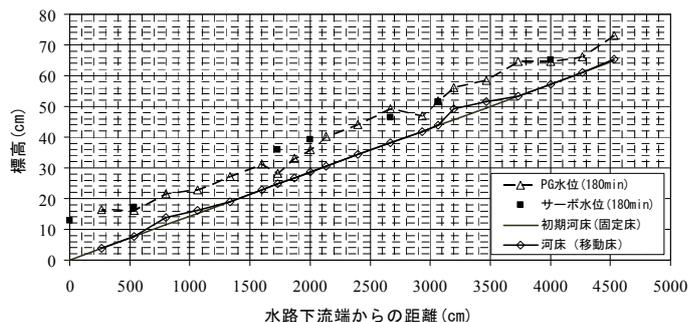
### 3. 土砂堆積特性

各断面における流況と水位・河床位の時間変化をみると、両ケースとも土砂堆積は彎曲部の内岸・外岸、河幅の拡張部・狭窄部やその上下流などの河道平面形状の影響を受ける断面で顕著にみられた(図-1, 3)。

土砂堆積が特に顕著なのは、彎曲部/狭窄部の上流に



1) Q=1,250m<sup>3</sup>/s (模型値:25.7l/s)



2) Q=2,500m<sup>3</sup>/s (模型値:51.3l/s)

図-3 水位・河床の縦断変化(実験終了時)

位置する 10.67m, 弯曲部/拡幅部に位置する 26.67m (図-4), 弯曲部/狭窄部の上流に位置する 30.67m などである。上流域となる 37.33m~45.33m では, 両ケースとも同程度の土砂堆積厚・範囲であるが, 34.67m より下流域となると, 流量が大きく, 通水時間が長いケース 2 の土砂堆積が卓越するようになる (図-4)。

#### 4. 土砂堆積量とその比率

水路内の堆積土砂量について, 実験後の堆積形状, 砂州の移動状況に基づき, ポイントバー, 弯曲外岸, 弯曲内岸, 拡幅部, 直線部に区分して試算した (表-1)。各区分の比率をみると, ケース 1 では弯曲内岸での堆積土砂量が全体の 67.4%, 弯曲外岸で 18.8%, ケース 2 では同様に 71.3%と 14.9%となっており, いずれのケースともに弯曲部で全体の約 85%の土砂が堆積している。

水路から流出した土砂量の時間変化 (図-5), 土砂輸送濃度の時間変化 (図-6) はいずれにケースにおいても時間的な変動がみられる。これは砂州等の平面的な土砂移動の影響によるものと推定される。土砂輸送濃度はいずれのケースにおいても実験終了時においては流砂の平衡状態にあった (図-6)。

水路内の堆積土砂量と水路から流出した土砂量に基づき, 水路内の土砂堆積の比率を試算した (表-1)。ケース 1 では 88.9%, ケース 2 では 59.9%となり, 流量規模が大きく, 通水時間が長いほど, 土砂堆積の比率が大きくなる傾向がみられた。なお, 現地によく確認できる弯曲内岸のみの土砂堆積の比率はケース 1 で 59.9%, ケース 2 で 42.7%となった。

#### 5. 結論

本実験を通じて自然河道における出水時の土砂堆積特性について確認できた。しかし, 本実験では堆積現象に特化するために出水のピークを長期間継続させた固定床上の流れであることから, 実際の河床, すなわち移動床の流れでみられるような弯曲部の外岸や河幅の狭窄部での侵食は生じていない。また, 主流での土砂輸送が移動床と比べて活発になることが考えられる一方で, 固定床上の定常給水・給砂条件であるために弯曲部の土砂堆積は最大値となっている可能性が高いと考えられ, 本実験データの取り扱いには十分に注意する必要があると考えられる。

今後は, 実際の自然河道における土砂堆積, 河床変動の実態についてその調査時期や調査箇所等に十分に留意した上で, 本実験データとの比較検証を行う必要がある。

表-1 土砂堆積量の試算結果

1) Q=1.250m <sup>3</sup> /s (模型値: 25.7l/s)						
	ポイントバー	弯曲外湾	弯曲内岸	拡幅部	直線部	合計
供給土砂量 (cm <sup>3</sup> )						588.00
水路内の堆積土砂量 (cm <sup>3</sup> )	2.15	98.44	352.47	27.16	42.43	522.65
全堆積土砂量に対する比率 (%)	0.41	18.83	67.44	5.20	8.12	
水路から流出した土砂量 (cm <sup>3</sup> )						65.35
土砂が堆積した比率 (%)	0.37	16.74	59.94	4.62	7.22	88.89
2) Q=2.500m <sup>3</sup> /s (模型値: 51.3l/s)						
	ポイントバー	弯曲外湾	弯曲内岸	拡幅部	直線部	合計
供給土砂量 (cm <sup>3</sup> )						1750.00
水路内の堆積土砂量 (cm <sup>3</sup> )	9.73	156.16	747.23	49.62	85.13	1047.87
全堆積土砂量に対する比率 (%)	0.93	14.90	71.31	4.74	8.12	
水路から流出した土砂量 (cm <sup>3</sup> )						702.13
土砂が堆積した比率 (%)	0.56	8.92	42.70	2.84	4.86	59.88

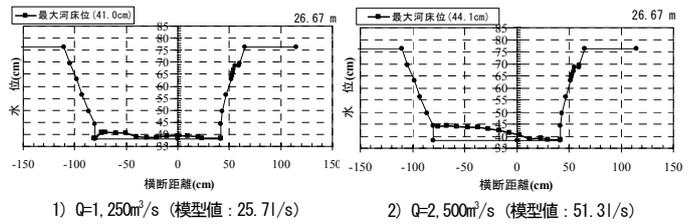


図-4 20.67m 地点の土砂堆積状況 (実験後)

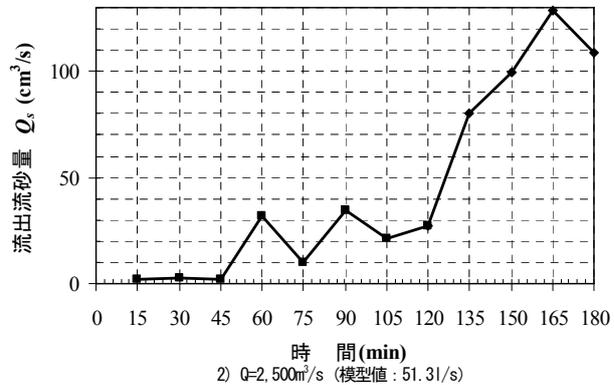
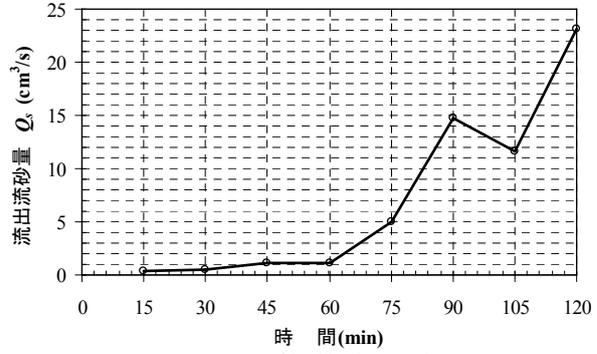


図-5 水路から流出した土砂量の時間変化

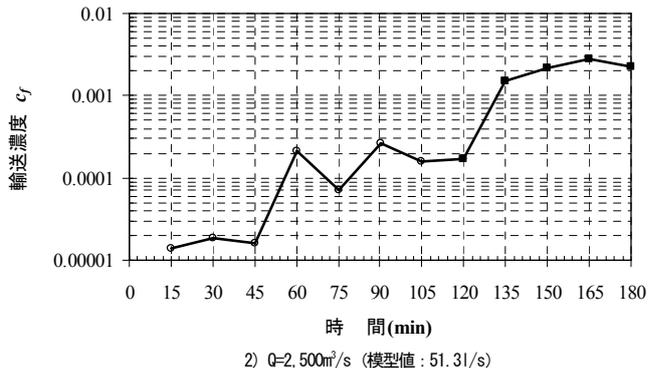
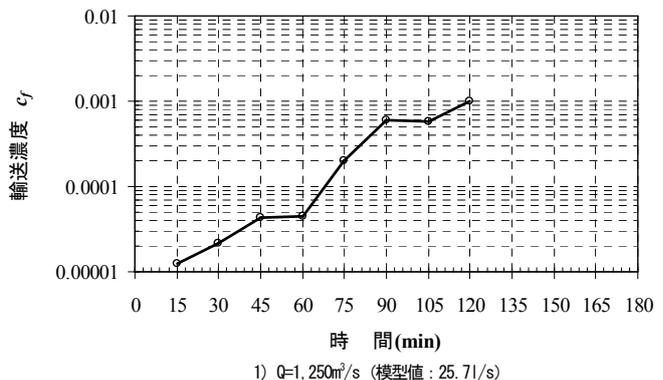


図-6 土砂輸送濃度の時間変化