

与田切川の流砂量観測結果から見た洪水規模による流砂特性の変化について

国土交通省天竜川上流河川事務所 三上幸三、松尾 修、竹内 宏、川島 謙
 住鉦コンサルタント株式会社 山下伸太郎、佐光洋一、○内柴良和

1. はじめに

天竜川水系における流砂系一貫した総合土砂管理計画の策定に資するため、天竜川上流河川事務所では、「与田切川流砂観測施設」を天竜川右支川与田切川中流部（図-1）に設置し、2000年9月から流水・土砂の直接採取により、洪水中の流砂量と土砂の粒度分布の時系列変化を観測している。

2003年6月～11月の流砂観測の結果、8月9日の台風10号による降雨で、坊主平砂防堰堤地点の水位は流砂観測開始以来で最高となる1.78mを記録した。一連の観測データの整理・分析の結果、この規模の大きな出水の前後で掃流力と流砂量の関係に明瞭な変化が認められたのでその概要を報告する。

2. 与田切流砂観測施設の概要

流砂観測施設の詳細な機能・構造に関しては、既に報告されている¹⁾ので、ここでは概要について記す。

①取水孔：坊主平砂防堰堤左岸袖部に高さ0m, 0.5m, 1.0mの3段設けられている。下段取水孔は、幅50×長さ160cmで河床底面に設置され、中段・上段取水口は径20cmの円形で堰堤袖部に設置されている。

②流砂測定装置：取水孔から導水管により流砂測定装置に導かれた水と土砂は、トロンメル（回転式フルイ）で分離される。トロンメルの網目は下段が1mm、中・上段が0.5mmである。そして、分離した土砂の重量と採取試料の粒度分布を測定し、トロンメルを通過した濁水は、濁度計により濁度を測定するとともに、サンプリングしてSS濃度を測定した。

③流量測定：下段、中段の取水流量は導水管に設置された管内流量計により計測し、全導水管の合計流量を帰還水路に設けられたパーシャルフリュームにより測定している。

また、堰堤袖部には、超音波式水位計と電波式流速計が設置され、河川の水位・流量を同時計測している。

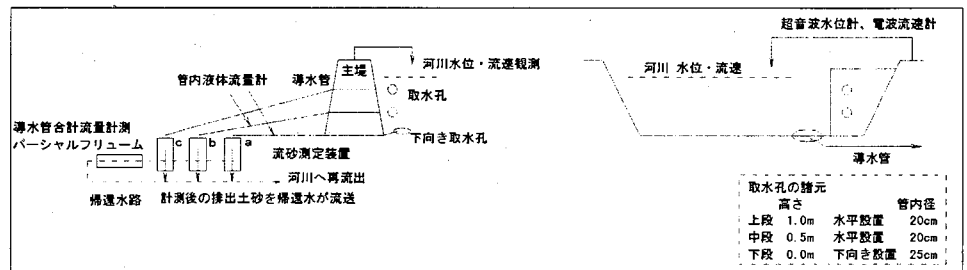


図-2 流砂観測施設の概念図

表-1 2003年観測概要

日時	最大時間雨量 (田切)	連続雨量 (田切)	最高 水位
7月23～25日	8mm	56mm	1.18m
7月30日	5mm	20mm	0.41m
8月8～10日	18mm	135mm	1.78m
9月4～5日	1mm	1mm	0.24m
9月20～22日	6mm	69mm	0.51m
9月25～26日	7mm	77mm	0.98m
10月21～22日	8mm	43mm	0.41m
11月13～14日	1mm	2mm	0.24m
11月26～27日	0mm	0mm	0.28m

3. 2003年観測結果概要

2003年は表-1に示す計9回の流砂観測を実施した。このうち、7月24日・8月9日・9月21日・9月25日の4回において、最高水位が0.5mを超えて、中段取水孔からの導水データが得られた。特に、8月9日の出水は、最高水位が1.78m（流量：470m³/s）に達し、上段取水孔からの導水データが観測開始後初めて得られた。

8月9日出水の観測結果から、雨量・水位および各段取水孔の土砂ハイドログラフを図-3に示した。河川水位は8月9日12:00にピークを記録しているが、下段取水孔から測定された流砂量はその5時間前の7:00に急激な増加を示した。このときの河川水位および流量は、0.6～0.7m、60～90m³/sである。その後は水位変化にあまり反応せず、次第に減少している。また、中段・上段の流砂量は、取水開始から終了まで大きな変化は認められず、ほぼ一定で推移している。

観測期間中の他の出水に関しては、水位の増減とほぼ一致する流砂量の変化が観測されており、この点で8月9日出水は他の出水と流砂量の時系列変化の傾向が異なる。

4. 洪水規模による流砂特性の変化

2003年の観測データから、流砂量特性を把握するため、まず直接、無次元掃流力(τ_*)と無次元流砂量(Φ)を次式により求め、図-4にプロットした。

$$\tau_* = hI / sd \quad \Phi = q_s / \sqrt{sgd^3} \quad (1)$$

ここに h :水深, I :河床勾配(=1/25), q_s :単位幅あたりの流砂量, s :土砂の水中における比重(=1.698), d :平均粒径(土砂計量時毎)である。

図-4には比較のため、これまでに提案された代表的な流砂量式による計算値も示しているが、観測値との適合性は良くない。そこで、次式に示す芦田・道上の方法により有効掃流力(τ_{*e})を考慮して再整理すると、図-5に示すように概ね既存流砂量式に近い領域にプロットされることがわかる。

$$U / u_{*e} = 6.0 + 5.75 \log \{h / [d(1 + 2\tau_*)]\} \quad (2)$$

ここに U :流速 u_{*e} :有効摩擦速度である

図-5を詳細にみると、同じ掃流力に対して無次元流砂量が大きい領域と小さい領域の2つに大きく分けられることが分かる。そこで、観測日に着目し、最も洪水規模の大きかった8月9日出水の前後でプロットを分類して示すと図-6のとおりとなる。明らかに8月9日出水以前のプロットは、掃流力に対して無次元流砂量が大きい領域に、出水後は小さい領域に対応していることが分かる。つまり、8月9日の出水前に比べて、出水後は同じ掃流力でもより多くの土砂が流送されるようになったことがわかる。

このように流砂特性が変化した理由としては、洪水中に流砂量が急増した8月9日出水の特性からみても、この出水でアーマコート破壊等による上流の河道状況に変化が生じたことが考えられる。

以上の結果から、河道状況の変化に対応したデータ整理を行うことで、図-6に示すように、掃流力と流砂量の関係をより精度良く表すことが可能となると言える。

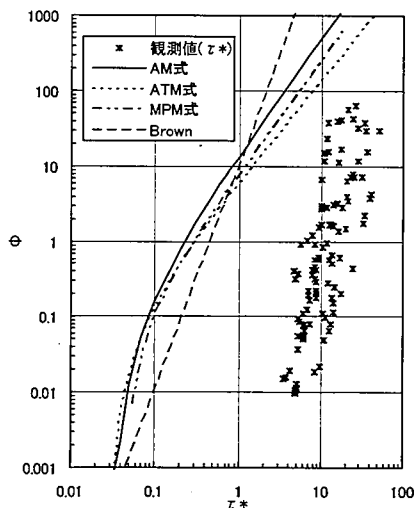


図-4 τ_* と Φ の関係

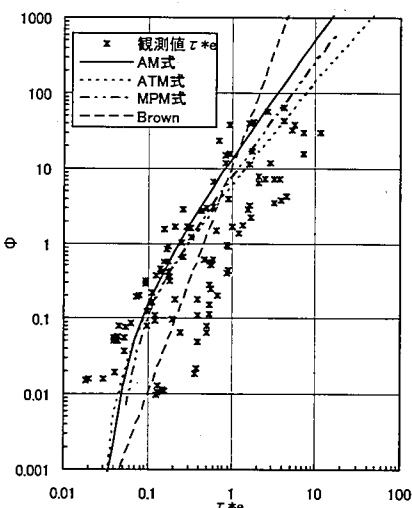


図-5 τ_{*e} と Φ の関係

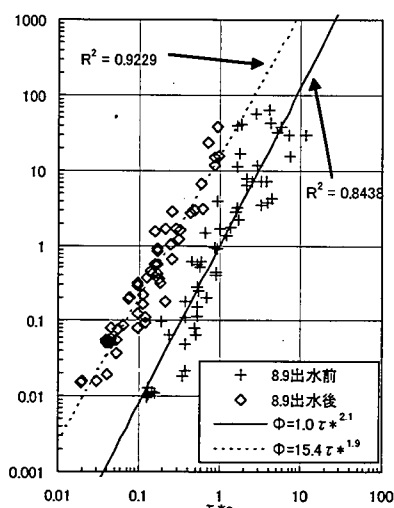


図-6 τ_{*e} と Φ の関係(観測日による整理)

5. まとめ

与田切川における流砂観測の結果、規模の大きな出水の前後で流砂特性に変化が生じた。これは、出水により上流河床が改変を受けたことに起因すると推定される。このことは、同一流域においても流砂量を単一のモデル(流砂量式)で表現することが難しいことを示唆している。より精度の高い土砂動態予測には、河床環境に応じてモデルを使い分けることが必要になると考えられる。

今後、流砂観測データを蓄積して、流砂特性が2000年8月9日以前の状態に回復するまでの期間や流砂特性を変化させる出水の規模や原因等について明らかにしていく方針である

参考文献

- 1) 浦真ほか：与田切川における流砂の計測—流砂系モニタリングのために—, 砂防学会誌, Vol. 54, No. 3, p. 81-88, 2001.

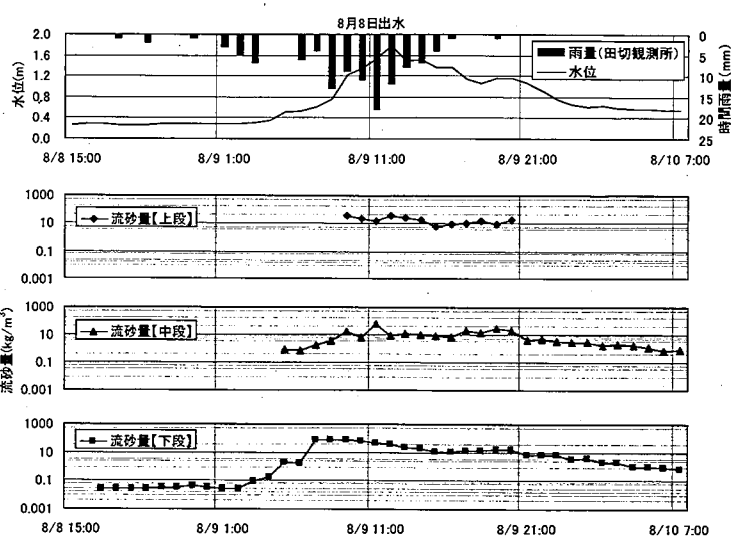


図-3 8月9日出水の土砂ハイドログラフ