

山地溪流を対象とした流砂観測データを用いた河床変動計算の検証

京都大学大学院農学研究科 ○中谷加奈・天野唯子

立命館大学理工学部 里深好文

京都大学防災研究所 堤 大三

1. はじめに

山地河川は土砂生産源が近く非平衡性が強く現われるため、河床変動計算で流砂量の再現が難しい。アーマート化やステッププールの形成、樹木・植生の繁茂状況など、河床特有の要因が流砂量に影響するが、現状の手法では十分表現できない。また、このような要因を計算手法や入力条件として考慮する必要があるが、これまで観測データも少なく検証が困難であった。近年、流砂観測が全国的に広がり時間・空間的に連続したデータが蓄積されてきた。

本研究では、SERMOW¹⁾²⁾及び混合粒径に対応した河床変動シミュレータ KANAKO(Ver.1.5)³⁾を岐阜県高山市奥飛騨温泉郷中尾の焼岳西側の足洗谷流域（流域面積 6.5km²）に適用した。足洗谷には京都大学防災研究所の穂高砂防観測所があり、雨量や流量・流砂量等が継続的に観測されている。解析方法や設定条件の違いによる比較や、解析結果と観測データの比較検証を行い、計算の改良や検証に必要な情報の整理を行うことを目的とした。

2. 解析の概要

2015年11月25日に実施した現地実験の観測データと解析結果を比較した。なお、SERMOWは降雨からの水・土砂流出を計算対象とすることから、解析は2015年11月21日～30日の10分間雨量（アメダス、栃尾）データを用いて解析を実施した。KANAKOでは、実際に堰堤からの排砂、及び流砂観測を実施した3時間半を解析対象とした。

現地実験では、観測所のヒル谷堰堤から土砂を排砂させて、縦断距離で約150m下流まで土砂移動状況を追跡して、途中の計測点ではサンプラー及びポータブルハイドロフォンを使用して掃流砂の直接計測及び間接計測を実施した（図2）。図2はKANAKOで解析対象の縦断図を、下端を標高0mとした相対標高で示しており、この区間にはステッププールなどの微地形が存在する。河道幅は現地状況から平均的と考えられる2mを一律で設定した。実験時の堰堤からの流量は0.099m³/s、排砂された土砂の総量は21.84m³であった。

KANAKOで河床変動計算を実施するにあたり、流量データは上記に示したが、移動前の河床材料は十分な情報がなかったため、観測点でサンプラーにより観測

された8段階の粒径階を均等に与えるケース（23、11、5.7、2.8、1.4、0.71、0.35、0.18mm）、及びその平均粒径（5.6mm）を設定するケースを実施した。土砂の供給方法は、上流側に5m上流端と同じ勾配で延長して、その区間に厚さ2.184mで移動可能土砂を設定した。なお、延長する際は河床表面が同じ勾配になるようにした。延長した上流側5m以外の区間は固定床とした。計算に用いたその他のパラメータを表1に示す。

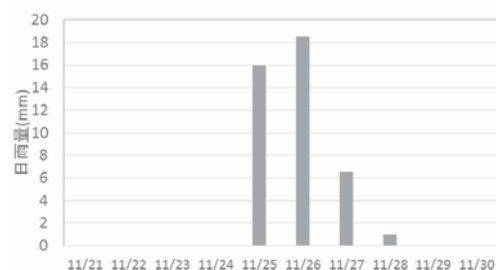


図1：2015年11月21～30日の日雨量

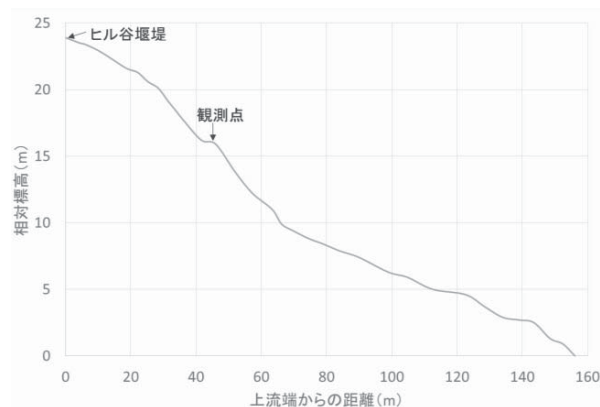


図2：KANAKOで解析を行った領域の縦断図

表1：KANAKOで計算に用いたパラメータ

計算パラメータ	値 (単位)
総計算時間	12,600 s
計算時間ステップ	0.1 s
砂礫の密度 σ	2,650 kg/m ³
間隙流体の密度 ρ	1,000 kg/m ³
堆積土砂の容積濃度 C^*	0.65
砂の内部摩擦角 $\tan\phi$	0.7
重力加速度 g	9.8 m/s ²
侵食速度係数 δ_e	0.0007
堆積速度係数 δ_i	0.05
マンニングの粗度係数 n_m	0.03 s/m ^{1/3}

計算点間隔は 0.5m と 5m の二種類で実施した。

SERMOW では、過去に計測した粒度分布を採用したケース⁴⁾、及び KANAKO の混合砂と同様に 8 粒径を均等に分布させたケースで足洗谷流域の解析を実施した。流域、斜面、計算点の配置やその他のパラメータ設定は既往検討^{2),4)}と同様にした。

3. 解析結果

KANAKO で解析した最下流端での全流砂量（出力間隔 15s）を図 3 に示す。計算点間隔は 0.5m の方が解析の 1800 秒付近でピークを示し、5400 秒以降はほとんど流砂が見られないのに対して、5m 間隔では複数回の小さなピークを示し、出水の最後までゆるやかに流砂が確認された。混合砂と平均粒径の違いでは、0.5m 混合砂では計算時の振動が一部見られるが、傾向としては平均粒径の方が混合砂よりも大きな流砂量を示して、ピークも混合砂より遅かった。

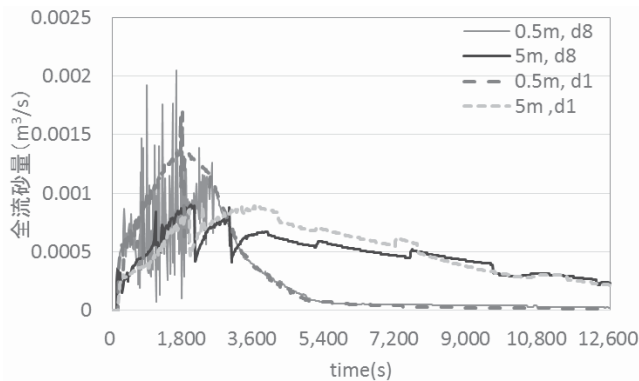


図 3：最下流点の KANAKO の解析結果（全流砂量、凡例中の 5m、0.5m は計算点間隔、8d は混合粒径、1d は平均粒径）

次に、観測点での結果、及び観測結果を合わせて図 4 に示す。観測結果に合わせてここでは単位幅流砂量を採用し、時刻も現地実験に合わせて示した。計算結果は、いずれも早い段階で流出する流砂量が非常に多く、後半になるにつれて減少するが、観測結果ではサンプラーでは後半になるにつれて流砂量が増加して、ハイドロフォンでは中盤 12 時頃にピークを持ちその後は減衰する。このような違いが生じたのは以下のような理由が考えられる。

解析では、特に観測点付近では上流より下流の勾配が急になるため、流下中にほとんど土砂が堆積しない。しかし、現地ではステッププールが存在し、プール内に土砂堆積が生じる。解析では計算点間隔を狭くすると、微地形を表現することができるため、若干ではあるが観測結果に近づく。しかし、土砂堆積が表現できないため、後半の土砂流出が再現できていない。その他にも、計算で土砂を供給した条件（侵食可能土砂を設定、混合粒径では 8 段階を均等に分布）や下流側を固定床にし

た影響なども挙げられる。また、解析での混合粒径と平均粒径の差は、10:30 では大きく、その後 11:00 頃までは混合粒径の方がわずかに大きい、その後は粒径の設定方法の差による違いは見られなかった。

図 5 に SERMOW で解析した足洗谷出口の結果を示す。現時点では、この期間・地点の観測データが無いため実測データとの検証は行えないが、流量・流砂量とも比較的大きな粒径を多量に含む計測した粒度分布の方が、8 粒径を均等に与えたケースよりも大きな結果が得られた。

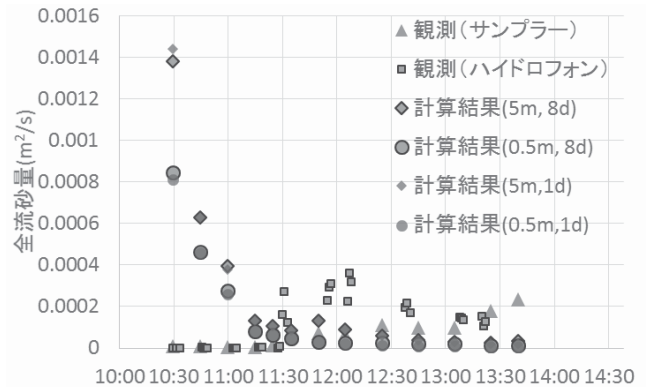


図 4：観測点での解析結果と観測結果（全流砂量、凡例中の 5m、0.5m は計算点間隔、8d は混合粒径、1d は平均粒径）

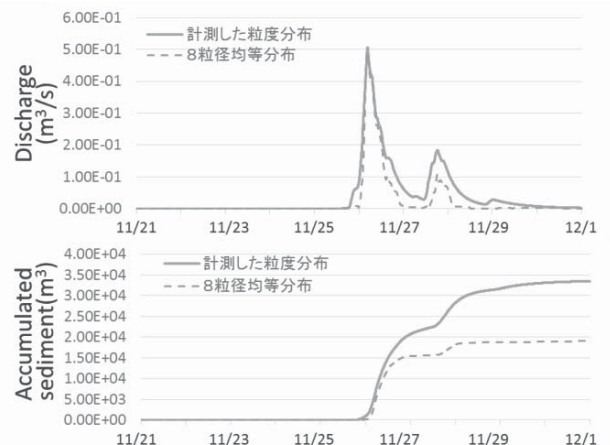


図 5：SERMOW の解析結果（上段：流量、下段：積算土砂量）

謝辞

本研究は、平成 27 年度河川財団 河川整備基金の助成を受けたものです。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1)高橋ら：山岳流域における土砂流出の予測，水工学論文誌，Vol.44，pp.717-722，2000
- 2)平澤ら：山地流域の雨水流出、土砂生産流出シミュレーター（SERMOW-II）の開発と適用，砂防学会誌，Vol.64，No.5，pp.32-37，2012
- 3)中谷ら：数値シミュレーションを用いたシャッター付砂防堰堤の土砂調節効果の検討，砂防学会誌，Vol.63，No.6，pp.43-51，2011
- 4)天野ら：足洗谷流域における雨量観測と土砂流出解析，平成 26 年度砂防学会概要原稿集 A，2014