

流砂・水文観測データを用いた流域監視における数値計算の活用

アジア航測株式会社 ○武石久佳, 岡野和行, 滝澤雅之, 井之本信, 吉安征香, 鈴木心
国土交通省 大規模土砂災害対策技術センター 竹下航, 岸本優輝, 小林正直, 高原晃宙

1. はじめに

平成23年9月の紀伊半島大水害では、多数の深層崩壊が発生し、多量の土砂が生産された。紀伊山系では、深層崩壊による多量の土砂生産が見られた流域で、土砂流出等の流域監視を目的の一つとした流砂観測が実施されている。

流砂観測は災害発生時の覚知への活用が期待されているが、流砂観測箇所での実際の災害発生事例は少なく、災害発生時の観測結果の特徴を明確にすることが困難な状況である。また、発生事例があっても正確に土砂が生産・供給時刻を推定できる事例は少ない。そのため、発生時刻の違いによる観測結果の比較を実績の観測成果だけから確認することが難しく、災害発生を覚知する基準を明確に設定することを困難にする一因となっている。そこで、土砂の供給条件の違いで、掃流砂量の観測結果がどのような挙動を示すかを比較することができれば、上記の課題の解決に繋がり、今後の流砂観測や災害監視等への活用において、有益な知見になると考えられる。

本検討では、横軸を水位、縦軸を同時刻の掃流砂量としたグラフによる観測結果の軌跡（以下、ヒステリシスとする）を一次元河床変動計算の結果を元に作成し、土砂の供給条件だけを変えた場合の掃流砂量の違いを確認・比較した。

2. 検討方法

2. 1 対象箇所

和歌山県田辺市に位置する日置川水系熊野川の流砂観測地点周辺（図-1）を対象箇所として、航空レーザ計測データから作成した河床高・河床幅を使用して一次元河床変動計算を実施した。

2. 2 計算条件

ヒステリシスは、出水中などに観測地点上流で大規模な土砂供給が生じた場合は水位の上昇に対して掃流砂量が多くなるため左回りのヒステリシスを示し、小規模な出水等により細粒分が選択的に移動した場合は左回りのヒステリシスを示すことが知られている。

そこで、大規模土砂生産(Event1)の後に、土砂生産がない中小出水(Event2)が継続し、その後再度土砂生産が発生した場合(Event3)のヒステリシスを一次元河床変動計算で確認することとした（図-2）。

2. 3 検討ケース

具体的な水と土砂の供給条件を図-3に示すCase1～Case3で設定した。Event1とEvent2は全て同様の条件で、Event3の土砂供給条件を変えた場合の計算結果に基づくヒステリシスを比較した。なお、図-3に示すEvent1～Event3は図-2で示したものと同義である。

2. 4 使用したプログラム・計算条件

計算プログラムは、「豪雨時の土砂生産をとまなう土砂動態解析に関する留意点（国土技術政策総合研究所資料第874号）」に準拠した、土砂・洪水氾濫のための一次元河床変動計算プログラムを使用した（表-1）。上流端からの土砂供給条件は、芦田・道上の式による平衡給砂とした（表-2）。また、粒径は流砂観測地点付近で実施した河床材料調査結果から作成した粒径分布を使用した。

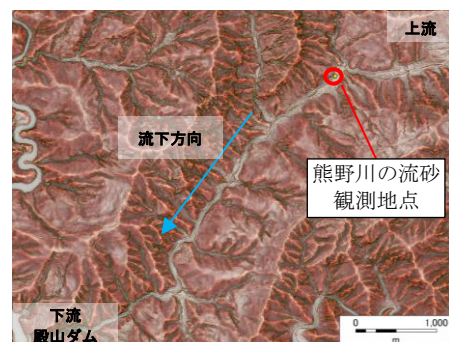


図-1 対象箇所位置図

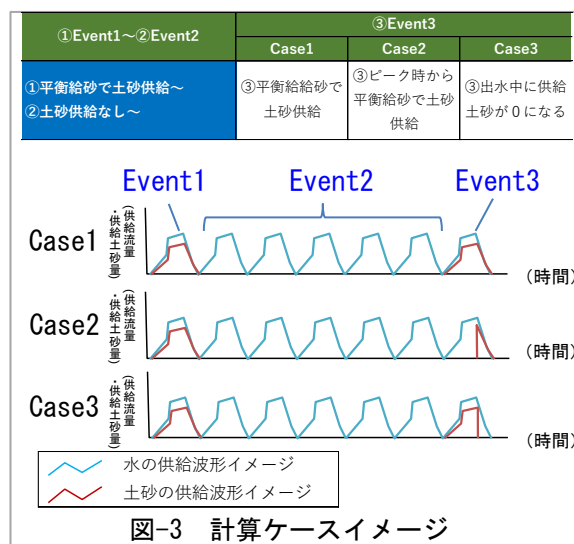
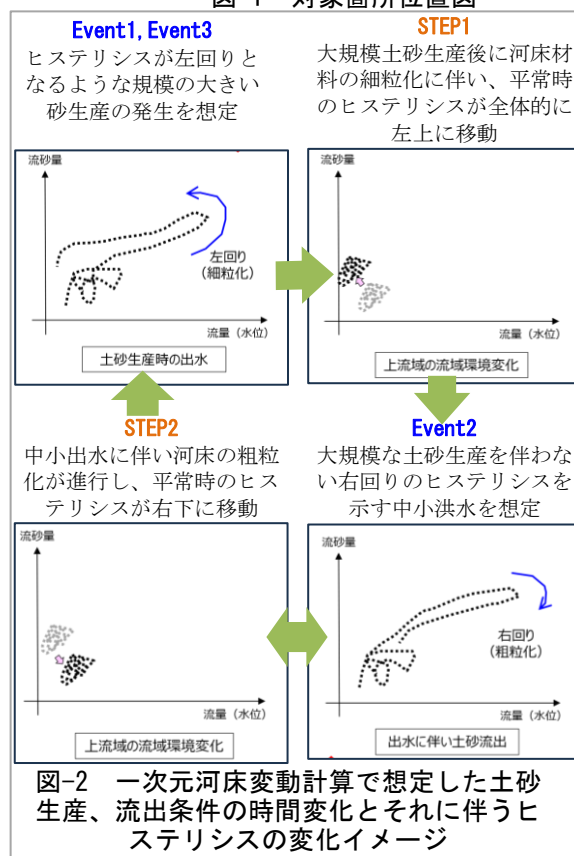


表-1 一次元河床変動計算プログラムの概要

項目	計算条件
流水の計算	不定流計算
土砂移動現象	土石流～掃流状集合流動～掃流・浮遊砂の計算が実施可能なプログラム
粒径	混合粒径（最大10区分まで入力可能）
掃流砂量式	芦田・道上式

3. 計算結果

Case1～Case3の計算結果を図-4に示す。

3. 1 Case1

Event1の時点では同一粒径であることを示す一定のライン上を掃流砂は推移するが、Event2では真下に向かい右回りのヒステリシスを示し、Event3の後は計算初期と同じ粒径を示すライン上を推移した。Event2では水位に対して掃流砂量が減少し、流下する土砂の粗粒化が進行していることを示すと考えられる。Event3では土砂供給に伴い掃流砂の粒径が小さくなったと考えられる。

3. 2 Case2

Event1およびEvent2の際は、Case1と同様のヒステリシスを描いたが、Event3では土砂供給後は左回りのヒステリシスを示した後、最終的に計算初期と同じ粒径を示すライン上を推移した。流量がピークに達するまでは土砂供給が少ないため、ヒステリシスは右に移動するが、土砂供給が始まったタイミングで流砂量は上昇するため、左回りのヒステリシスになったと推察される。

3. 3 Case3

Event1およびEvent2の際は、Case1と同様のヒステリシスを描いたが、Event3では、水位の上昇とともに流砂量が増加し、土砂供給の終了と共に急激に流砂量が減少する。Case1のように、徐々に流砂量が減少するのではなく、急激に減少したのは、一時的に発生したEvent3の供給土砂の多くが流下した後は、その前のEvent2を経験し粗粒化した河床からのみの土砂供給となったためと推察される。

4. まとめと課題

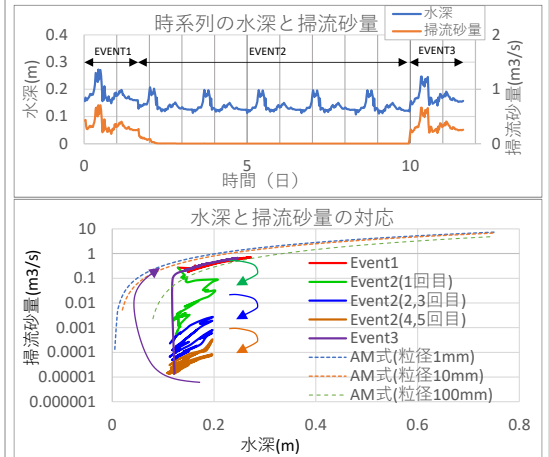
一次元河床変動計算による検討の結果、土砂供給を伴わない出水(Event2)が継続した場合、河床の粗粒化にともないヒステリシスの分布が下に移動する傾向を示すこと、土砂の生産・供給が流量のピーク時刻付近で発生した場合(Case2のEvent3)は、左回りのループを示すことが確認できた。ただし、今回の検討は限られた条件で実施しているため、一般性の高い結果を得るためには、様々なケースで確認することが必要と考えられる。

また、土砂・洪水氾濫などの災害が発生する際に、流砂観測結果を活用するためには、上流の観測結果に基づくヒステリシスと下流での洪水発生状況を対応付けることが有効であると考えられる。観測地点での流砂観測結果から、下流域での河床高や水位の変化や洪水発生の有無の推定や予測するためには、土砂や水の供給条件を様々に変化させたうえで検討を行う必要がある。そのためには、今後、他河川を含めた上下流での検討を行うとともに、実際の流砂観測と整合をとったパラメータを検討するなど、知見を蓄積していく必要があると考えられる。

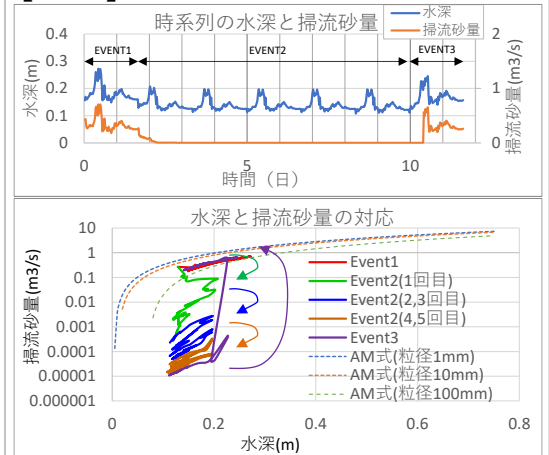
表-2 一次元河床変動計算で入力した地形条件および水と土砂の供給条件

項目	計算条件
地形条件	LPより作成した横断面から平均幅の矩形断面を作成
土砂移動現象	掃流砂・浮遊砂での土砂移動を想定
粒径	0.09～140mmで10区分（平均10mm）
流量	熊野川で観測された水位波形からHQ式で流量に換算した値
土砂量	河床は最大侵食深2m、供給土砂は平衡給砂を想定し多めに供給
その他条件	一般値を使用

【Case1】



【Case2】



【Case3】

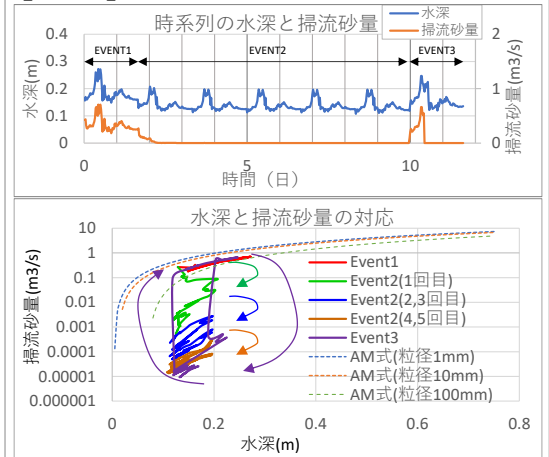


図-4 計算結果