

土砂トレーサーモデルによる着色砂投入実験の再現計算

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 ○山田 嵩・矢部 浩規
北海道大学 工学研究院 岩崎 理樹

1. はじめに

上流域から供給され下流・海域に移動していく土砂が、土砂動態に与える時空間的な影響を把握することは、将来にわたる流域の総合土砂管理を行う上で重要である。現在、上流域からの土砂供給量が増加することで、河床低下、河床の粗粒化による河川環境の悪化（産卵床の減少、魚類の移動障害）、海浜の減少等の問題が発生している。土砂供給量不足が生じている場所に土砂還元を行う方法として、ダム堆積土や河道掘削土砂を下流に置き土することで洪水時に下流に流下させる土砂還元が行われている。このような土砂管理を行う上で、還元した土砂が河道をどのように移動し、どこに堆積するのかを把握することが必要となる。しかしながら、流砂の移動を直接測定することは極めて困難であり、流砂量の測定や河床や粒度分布の変化から推定するしかない上、流砂の移動過程は直感的にわかりづらく将来的な予測も困難である。

そこで、本研究では河川内に供給された土砂の移動過程、影響時間等をより直接的に表現する土砂トレーサーモデルを導入した計算モデルを用いて、室内実験水路で行われた着色砂の流下、堆積過程を再現し、このモデルの予測可能性について検討を行った。

2. 室内実験と計算条件

室内実験は寒地土木研究所の保有する水路長 50 m、水路幅 0.9 m、水路勾配 1/200 の直線水路を用いて行った。まず、この水路に東北珪砂四号（中央粒径 0.76mm）を 10cm の厚さで敷き詰め、初期河床を作成する。次に、実河川における複雑な河床形状をある程度模擬するために最低流量 4 l/s、ピーク流量 8 l/s、また最低流量からピーク流量、ピーク流量から最低流量までの時間が 1 時間とした三角形のハイドログラフを 6 度（3 度連続を 2 回で計 12 時間）通水し、砂州地形を作成する。この際、上流からの土砂供給量は上流端の河床高さが変化しない動的平衡状態を維持するように与える。このようにして作成した河床地形に対して、河床を構成する土砂と同じ粒径の着色土砂を投入する均一粒径実験、及び河床材料よりも細かい粒径の着色土砂（東北珪砂 7 号、中央粒径 0.177 mm）を投入する細粒土砂投入実験の 2 ケースを行った。東北珪砂 7 号の着色については、粒径への大きな影響がないことを粒度分布試験により確認している。着色砂は下流端より 20 m 付近にてピーク流量時に 0.5 L/min で合計 7 L 投入した。

予測モデルとして、岩崎ら¹⁾が構築した平面二次元河床変動モデルにトレーサーの輸送を組み込んだ数値計算モデルを用いた。このモデルでは、河床変動モデルにより計算される流砂量の連続関係をもとに、土砂中に含まれるトレーサー量を体積濃度として扱い、この時空間分布より投入したトレーサーの動態を解析できる。計算は、実験条件を可能な限り反映して実施した。初期河床については、6 回のハイドログラフを通水したのちに得られた実測の河床形状を与え、格子幅を縦方向 22 cm、横断方向 6.34 cm とする計算格子を作成した。そのほかの条件は実験条件と同様であるが、投入土砂量のみ試行錯誤的に調整した。これは、実験における流砂量と数値計算上において得られる流速場と流砂量式である芦田・道上式を用いて計算される流砂量が一致せず、実験における投入量を与える、過大に堆積してしまったためである。

キーワード：土砂トレーサー、着色砂投入実験、数値計算

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3-1-34 土木研究所 寒地土木研究所 TEL: 011-841-1639

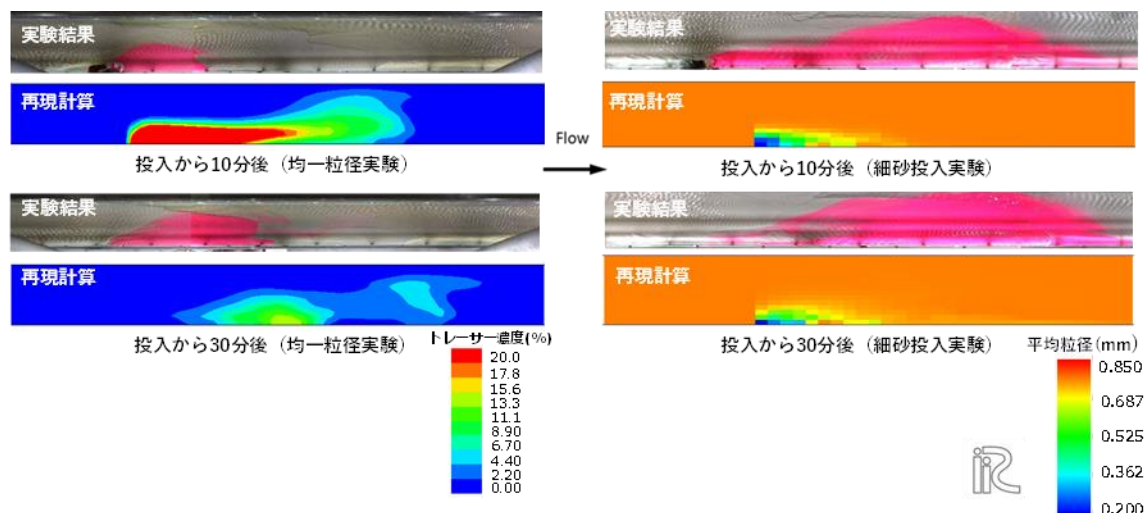


図1 着色砂投入から10分後及び30分後における計算結果及び実験結果

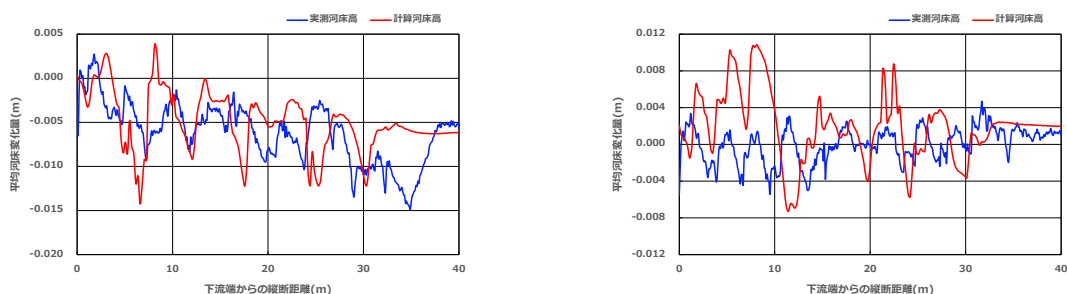


図2 平均河床変化量の縦断分布（左：均一粒径実験，右：細粒土砂投入実験）

3. 結果とまとめ

図1に着色砂投入から10分後及び30分後における計算結果及び実験結果を示す。ここで、均一粒径実験の再現計算での図中のコンターは、単位体積土砂に対するトレーサー粒子の割合（体積濃度）を示している。細粒土砂投入実験のコンターでは河床材料の平均粒径を示しており、均一粒径実験と細粒土砂投入実験ではコンターの表現しているものが異なる。均一粒径実験においては実験結果と比較して、着色砂投入10分後（ピーク流量時）及び30分後（減水期）のいずれも、計算結果におけるトレーサーの方が先に流下していることが分かる。一方で、細粒土砂投入実験の再現計算結果ではトレーサー投入位置近辺のみで、平均粒径の変化が見られ下流部ではほとんど変化が見られない。図2には平均河床高の縦断分布を示す。均一粒径実験においてはトレーサーの空間的な移動特性がある程度表現可能であることが確認できた。一方で、トレーサーの移動が実験と比較して速く、下流端より10mから30mの間では堆積位置と深堀位置がずれていた。これは河床変動の特性の再現性の問題と考えられ、その結果としてトレーサーの移動特性にも影響を与えたと考えられる。細粒土砂投入実験の再現計算においては、モデル中で局所的な堆積が発生し、粒径が変化しなかった可能性が考えられる。また、トレーサーの堆積が薄く、平均粒径がほぼ粗い粒径になった可能性も考えられる。そのため、トレーサーモデルの高精度と共に河床変動計算の高精度化が必要であると考えられる。

今後は、モデルの精度を向上させ、実河川での適用の可能性について検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 岩崎理樹, 川村里実, 矢部浩規: 土砂トレーサー移動・分散のモデル化について寒地土木研究所月報, No.774, 2017.