

流砂系シナリオの変化と蛇行の挙動

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 ○井上卓也, 水垣滋

1. はじめに

北海道では、平成 28 年 8 月 17 日から 23 日にかけての 1 週間に、3 つの台風が上陸した。さらに、8 月 29 日からの前線に伴う降雨、その後の台風 10 号の接近に伴う地形性降雨により、全道的に記録的な大雨となった。一連の豪雨により、ペケレベツ川などの中小河川で大規模な流路変動が生じ、家屋や橋梁に甚大な被害をもたらした。

被災箇所を踏査すると、大量の土砂によって河床が上昇傾向にあり、土砂流入量と河岸侵食に何らかの関連性があることが伺える。しかし、既往の河岸侵食や流路蛇行に関する研究は、上流からの土砂流入量と河道における土砂輸送キャパシティが等しい場合（動的平衡状態）を想定したものが多く、それ以外の土砂流入シナリオに対する河道の応答については未解明な部分が多いのが現状である。そこで本研究は、上流からの土砂流入と流路変動の関係を把握すること目的に、混合粒径の移動床実験を実施した。また、実験結果を分析するために、実験写真の色情報から粒径の空間分布を把握する手法の開発を行った。



写真-1 ペケレベツ川 (PASCO 提供)

2. 手法

実験は、長さ 190 cm、幅 80 cm の水路 (Little River Research & Design 社の Em2) を用いて行われた。実験水路の傾斜角は 2.9° とし、水路内に河床材料を傾斜角 2° で敷き詰めた。実験水路の勾配は、地下水面の勾配と河床の勾配が概ね一致するように、試行錯誤のうえ設定した。初期河床には幅 5 cm、河岸高さ 2 cm の直線矩形水路を整形し、実験前後の地形変化を Photo Scan を用いて写真計測した。流量は全ケース同じ 21 ml/s (通水時間は 15 分) とし、給砂量は毎分 0 cc (0 g), 20 cc (16.8 g), 40 cc (33.3 g), 80 cc (67.1 g) の 4 パターンとした。河床材料および給砂材料には、比重 1.55 のメラミン樹脂粒子を用い、その粒径は 0.4 mm (赤), 0.7 mm (黒), 1.0 mm (白), 1.4 mm (黄) の 4 色からなる。本研究では、粒子が粒径別に色分けされていることを利用し、写真から粒径の空間分布を求める QGIS のプラグインを開発した。プラグインでは、実験写真をピクセル単位で赤、黒、白、黄色の 4 色に振り分けた後、1 mm 格子内の全ピクセル数に対する各色のピクセル数の比を用いて粒径存在割合を求めることができる。なお、本機能を用いた初期の粒度分布は、赤が 0.1 %, 黒が 45 %, 白が 45 %, 黄色が 9.9 %であった。

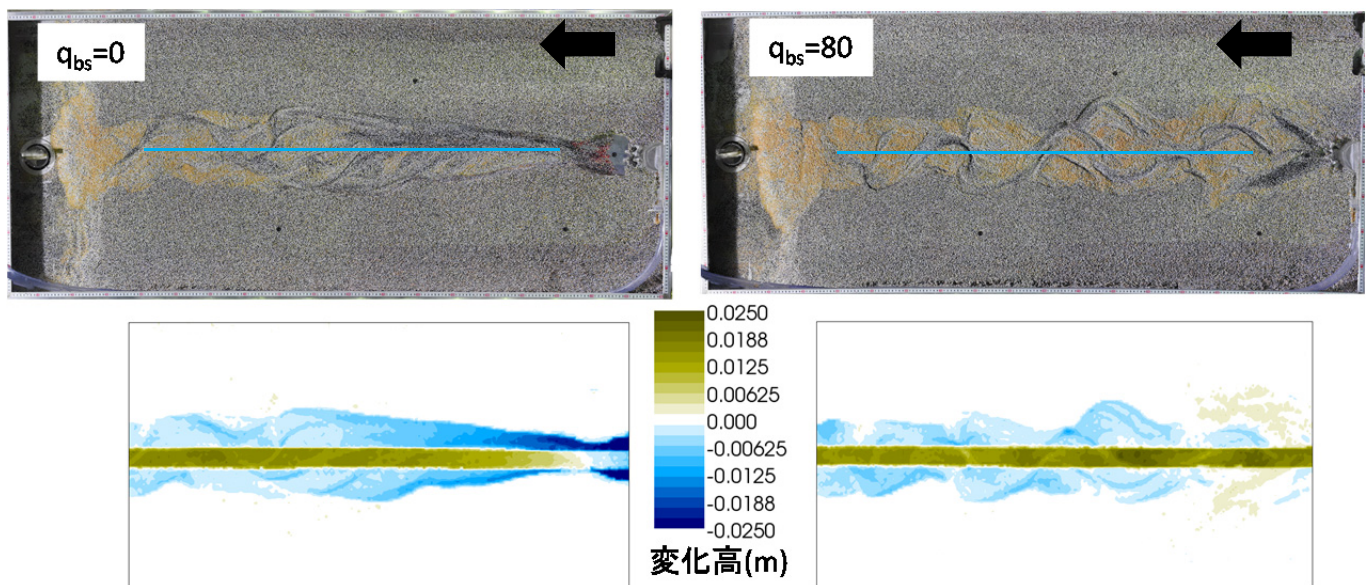


図-1 実験後の写真と初期河床からの変化高コンター図

3. 結果

図-1 に実験終了後の写真と初期河床からの変化高のコンター図を示す。給砂量の違いによって、流路変動と粒径分布の傾向が異なることが視覚的に見てとれる。例えば、給砂量 0 cc/min (以下、 $q_{bs}=0$ と呼ぶ) では、上流側の川幅が細く、低水路河床は黒っぽい。一方、給砂量 80 cc/min (以下、 $q_{bs}=80$ と呼ぶ) では、上流付近の高水敷に黄色粒子の堆積が認められ、広い範囲に水と土砂が到達したことが伺える。また、複数の流路痕を有する侵食地形は、被災したペケレベツ川の地形と類似しているようにみえる。

次に、上述の視覚情報を数値情報として分析する。図-2 は、給砂量 $q_{bs}=0, 20, 40, 80$ の 4 ケースにおける川幅と、平均河床の変化高の縦断図である。 $q_{bs}=40$ は、平均河床高が大きく変化しない動的平衡条件に近いケースであり、 $q_{bs}=0, 20$ は土砂流入が限定されたケース、 $q_{bs}=80$ が過給砂のケースである。土砂流入の少ない $q_{bs}=0$ や 20 では、川幅があまり広がらずに河床高が低下し、土砂流入の多い $q_{bs}=80$ では平均河床が著しく上昇せずに川幅が広がっている。平均河床高に大きな差が無くなる下流側では、4 ケースの川幅に大きな差が無くなっている。また、 $q_{bs}=20, 40, 80$ の川幅は拡張を繰り返している。図-1 の写真を見ると、黄色粒子の堆積に伴い、蛇行流路が左右に交番することによって、この拡張が形成されたことが伺える。

図-3 は、色情報から判読した水路中心 (図-1 の青線) に沿った粒径分布の縦断図である。 $q_{bs}=0$ では、上流側で黄色の粒子 (1.4 mm) の存在割合が少なく、下流側で多くなっており、上流側から流出した黄色粒子が下流側で堆積したことが伺える。 $q_{bs}=80$ では、上流から 0.15 m 付近、0.5 m 付近、0.7 m 付近、0.85 m 付近、1.0 m 付近、1.15 m 付近、1.3 m 付近の 7 箇所、黄色粒子の存在割合が高くなっている、これは、図-1 の写真に見える蛇行流路痕の内岸に位置しており、流速の遅くなる内岸に大きな粒径が堆積したと推測される。

4. まとめ

本研究では、砂流入が流路変動に与える影響を把握するために移動床実験を行い、土砂流入量の増加に伴い河岸侵食幅が増加することを確認した。また、写真から地形変化と粒径の詳細な分布を抽出するシステムを開発し、蛇行流路内岸の大きな粒子の堆積が、拡張を繰り返す河道地形の形成を促していることを確認した。教育用の小型実験装置 (Em2) を用いた簡易実験であったが、現地と類似した現象を再現できたのも大きな成果である。比重の軽い粒子を用いている Em2 は、地形変化の速度が通常の砂を用いた実験に比べ速く、たくさんのケースを行うのに適している。今後は、Em2 を用いた系統的な実験と、本研究で構築した空間解析システムを併用することにより、様々な流砂系シナリオに対する河道の応答を分析していく予定である。

参考文献：

- 1) 藤田・村本：蛇行流路の形成過程に関する実験的研究，京大防災研究所年報，18B，1975。
- 2) 清水：河道平面形状の形成における河床・河岸の変動特性の相互関係について，水工学論文集，47，2003。

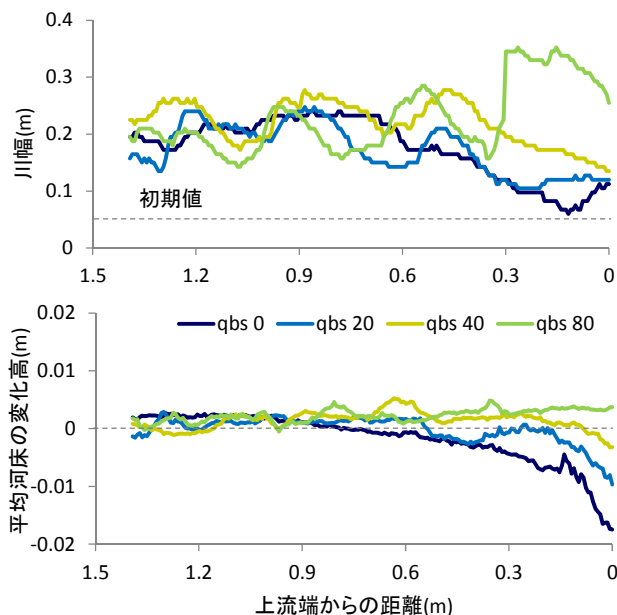


図-2 川幅と平均河床の変化高の縦断図

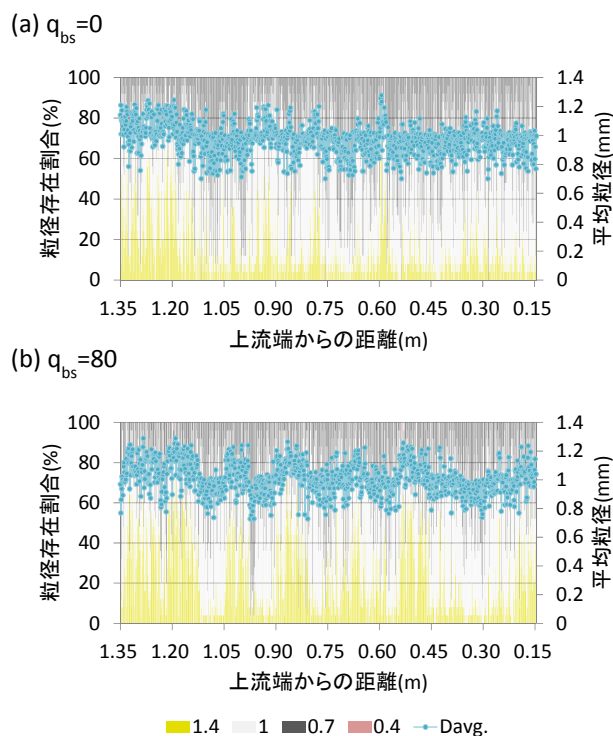


図-3 粒径分布の縦断図