

堆積速度係数が河床変動計算に及ぼす影響：平成 7 年姫川災害の事例を用いた検討

北陸地方整備局松本砂防事務所 判田乾一、吉田俊康^{*1}、野村昌弘

国土技術政策総合研究所 内田太郎、鈴木拓郎^{*2}

一般財団法人砂防・地すべり技術センター ○道畑亮一、菊井稔宏、宮瀬将之、宮田直樹

※1 現 北陸地方整備局千曲川河川事務所 ※2 現 砂防・地すべり技術センター

1. はじめに

高橋ら¹⁾は、実験により、平衡状態の土石流が緩勾配区間に達したとき、緩勾配の平衡濃度に即座に対応しないことから、堆積速度式を導入し適切な係数を適用する必要性を指摘している。また、高橋²⁾は、勾配 5° 前後の河道を持つ高瀬ダム上流域において、堆積速度式を適用した上で、土石流区間から緩勾配である掃流区間まで連続的に流砂量計算を実施できるモデルを用い、ダムへの土砂流出の再現計算を実施し、良好な再現性を得ている。

しかしながら、堆積速度式を用いた検討は土石流の堆積現象に対するものが多く(例えば、高橋ら³⁾)、勾配が 10° 以下となり掃流区間や掃流状集合流動に移行した区間での検討事例がほとんどない。

そこで、本研究では、平成 7 年姫川災害時の土砂移動実態を対象に流砂の非平衡性として堆積速度を考慮した河床変動計算を実施し、掃流～掃流状集合流動区間(河床勾配 5° 前後)における堆積速度係数の設定について検討したものである。

2. 対象流域および計算方法

平成 7 年姫川災害時に流域内での土砂移動実態の調査⁴⁾の結果、堆積傾向が主で侵食傾向が卓越しない浦川、および土谷川の 2 支川を対象に、土砂移動についての再現計算を実施した。

浦川および土谷川の流域区分図を図 1、2 に示す。浦川は、流域面積約 21km²、計算区間長は約 7.5km、計算区間内の平均河床勾配は約 1/10 である。土谷川は、流域面積約 33km²、計算区間長は約 6km、計算区間内の平均河床勾配は約 1/20 である。

河床変動計算モデルは、水理公式集例題プログラム集⁵⁾の土石流区間から緩勾配である掃流区間まで連続的に流砂量計算を実施できるモデルを基本とし、堆積速度式には流動深の影響を考慮した以下のものを適用した。

$$i = \delta_d \frac{C_\infty - C}{C_*} \frac{q}{h}$$

ここに δ_d は堆積速度係数、 q は土石流の単位幅流量、 h は水深、 C_∞ は平衡土砂濃度、 C_* は堆積層土砂濃度、 C は土砂濃度である。

流量条件は、平成 7 年姫川災害時の各支川における流出解析検討結果⁴⁾を適用し、給砂条件は、図 1、2 に示す流域区分毎に調査された生産土砂量⁴⁾に基づき、ヒアリング等(杵木ら⁶⁾)より供給期間を設定して生産領域と対応する河道に供給した。

計算に用いる諸パラメータは、 $C_*=0.6$ 、粒径 $\phi=3\text{mm}$ (浦川)、 1mm (土谷川)、流体密度 $\rho=1.0\text{g/cm}^3$ 、砂礫密度 $\sigma=2.65\text{g/cm}^3$ 、粗度係数 $n=0.05$ 、侵食可能深 $dz=3\text{m}$ (えん堤等設置区間は 0m)、侵食速度係数 $\delta_e=7.0\times 10^{-4}$ とし、堆積速度係数 δ_d を $1.0\times 10^{-2}\sim 1.0\times 10^{-6}$ まで変化させて検討を行った。

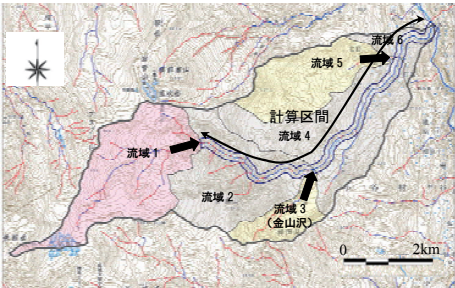


図 1 浦川流域区分図

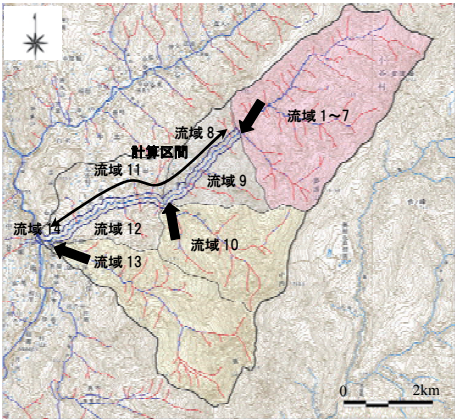


図 2 土谷川流域区分図

3. 計算結果

浦川および土谷川の各計算ケースの流出土砂量について表 1 に、実績土砂収支と各堆積速度係数を用いた再現計算による土砂収支を図 3、4 に示す。

流出土砂量については、表 1,2 より、浦川では実績が約 37 万 m³ に対し、堆積速度係数が $10^{-2}\sim 10^{-3}$ のとき約 35

～38 万 m³ とほぼ実績と整合する結果となった。10⁻⁴ のときは流出土砂量が約 53 万と若干実績より多くなり、10⁻⁵、10⁻⁶ にした場合は、流出土砂量がそれぞれ 124 万 m³、156 万 m³ とほぼ給砂した全量が流域外に流出する結果となった。

土谷川では実績が約 122 万 m³ に対し、堆積速度係数が 10⁻²～10⁻⁴ のとき約 50 万 m³ 以下と実績より大幅に少ない結果となり、10⁻⁵、10⁻⁶ にした場合は、流出土砂量がそれぞれ 109 万 m³、132 万 m³ とほぼ実績と整合する結果となった。

河床変動傾向については、浦川では、堆積速度係数が 10⁻⁴ のとき、各河道区間での河床変動傾向が実績と最も整合する結果となり、10⁻³、10⁻² と堆積速度係数を大きくしていくに従い、実際の河床変動状況と計算結果の乖離が大きくなった。

土谷川では、堆積速度係数が 10⁻²～10⁻⁴ のとき河床変動傾向が実績に比べて過大となったが、10⁻⁵ のとき実績と最も整合する結果となり、10⁻⁶ では、実績に比べて過小となった。

4. 考察

流出土砂量と河床変動傾向の観点から、浦川では堆積速度係数 10⁻³～10⁻⁴ のときに再現性が高い結果となった。一方、土谷川では、10⁻⁵ のとき実績と最も整合する結果となり浦川の傾向と乖離する結果となった。

これは、土谷川では粒径が 1mm 程度と小さいことから浮遊砂の影響が大きい現象であったことが考えられる。すなわち、実測の流出土砂量の一部は浮遊砂として流出した可能性が考えられる。以上の観点により、土谷川での掃流砂を対象とした河床変動計算における最適な堆積速度係数は、10⁻⁵ より大きいことが考えられ、浦川の結果と矛盾しない。

以上より、掃流～掃流状集合流動区間（河床勾配 5° 前後）における堆積速度係数について、平成 7 年姫川災害時の浦川、土谷川では、10⁻³～10⁻⁴ の範囲で適合性が高くなる結果となった。

5. 今後の課題

今回の堆積速度係数の検討は、勾配 2 度程度の区間までの検討結果である。今後は、さらに緩勾配区間などの事例についても検討する必要があると考えられる。

表 1 再現計算結果（流出土砂量）

堆積速度係数	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	実績
浦川流出土砂量 (m ³)	352,932	380,472	533,269	1,240,820	1,557,079	367,303
土谷川流出土砂量 (m ³)	358,906	396,072	482,276	1,099,464	1,321,583	1,215,994

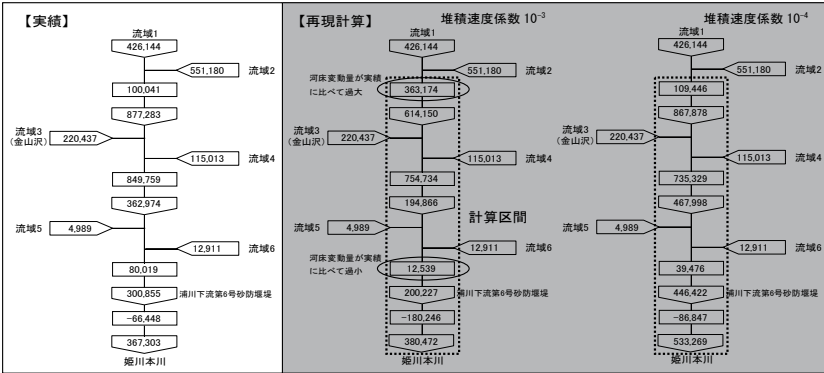


図 3 浦川再現計算結果（土砂収支）

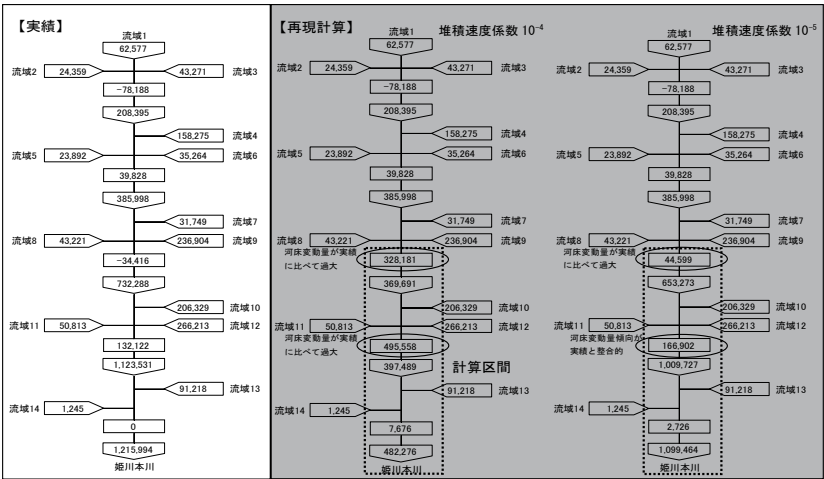


図 4 土谷川再現計算結果（土砂収支）

<参考文献>

- 1) 高橋ら：混合粒径材料からなる土石流扇状地の形成とその浸食；京都大学防災研究所年報,1991
- 2) 高橋：土砂流出現象と土砂害対策，近未来社，p270-302,2006
- 3) 高橋ら：豪雨時に発生する石礫型土石流の予測；砂防学会誌,Vol.44,No.3,1991
- 4) 国土交通省松本砂防工事事務所：平成 13 年度姫川砂防基本計画検討業務委託報告書
- 5) 水理公式集例題プログラム集第 2 編河川編例題 2-5
- 6) 柁木ら：土砂生産のタイミングを考慮した土砂生産・流出に関する研究；砂防学会誌,Vol.59,No.5,2007