

安倍川流砂系における土砂移動実態について

国土交通省国土技術政策総合研究所 ○水野秀明、小山内信智、福嶋彩、原楨利幸
 国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所 西川友幸、高橋正行、加藤善明
 建設技術研究所 村上正人

1. はじめに

土砂移動による災害リスクは、河床上昇・河床低下・海岸侵食といった、土砂移動に伴う地形の変化に大きく影響を受ける。例えば、河床が上昇した場合、その区間における流過能力が低下するため、洪水や土砂が氾濫する確率が高まり、災害リスクは増加する。そのため、災害リスクが低く、安全な流砂系を構築し維持するためには、砂防えん堤や人為的な土砂移動等といったリスク対策の実行とその効果の評価だけでなく、災害リスクの変化を監視するために継続的なリスク分析の実施が必要となる。

このリスク分析では、土砂移動の現状を把握するとともに、土砂移動に伴う地形の変化を推定して、災害リスクの発見・特定・算定を行なうことになる。そのため、流砂系における土砂移動の現状を把握する技術と、それに伴う地形の変化を推定する技術の開発と改良が必要となる。

そこで、著者らは平成13年度より安倍川流砂系で、土砂移動の観測技術の開発と土砂移動の現状の把握¹⁾、地形の変化を推定する技術の開発²⁾を行なってきた。ところが、地形の変化を推定する技術(河床変動計算、汀線変化計算)に基づく推定結果と土砂移動の観測結果を比較した事例は山地流域³⁾や河川区域⁴⁾のように限られた領域には見られるが、流砂系という観点で比較した事例はない。そこで、平成16年度の観測結果を報告するとともに、地形変化推定モデルに基づいて推定した流砂量の精度を検証する。

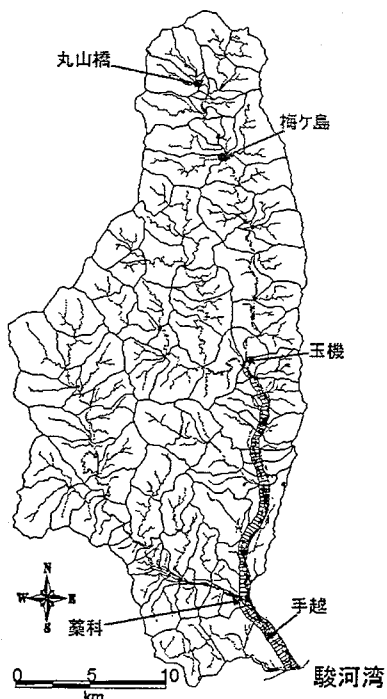


図-1 土砂移動モニタリング箇所と流域分割図

2. 土砂移動モニタリングの概要と結果

2.1 概要

図-1は土砂移動モニタリングを実施した4地点(丸山橋、玉機、手越、藁科)を示したものである。掃流砂の観測は土研式掃流砂採取器Ⅱ型を用いて、丸山橋、玉機橋、手越の3箇所で行った。浮遊砂の観測は自吸式ポンプを用いて、玉機、手越、藁科の3箇所で行った。観測の方法は参考文献を参照していただきたい。観測は平成16年9月7日~8日、9月29日~30日、10月9日~10日の3回実施した。

2.2 結果

図-2は掃流砂の観測結果で、X軸に無次元掃流力、Y軸に無次元掃流砂量をプロットしたものである。参考として、既存の掃流砂量式(芦田・高橋・水山式、MPM式)を図中に引いた。土研式掃流砂採取器Ⅱ型は構造上、全ての掃流砂を捕捉できないので、観測値は実際の値よりも低くなり、観測値が既存の掃流砂量式より小さくなったと考えられる。

図-3(a),(b)は流水中の土砂容積濃度の分布の事例で、X軸に土砂容積濃度(%), Y軸に河床からの高さ(m)をプロットしたものである。平成16年度の観測結果から、土砂容積濃度は概ね河床に近いほど大きくなっていった(図-3(a))。しかし、水面に近くなるにつれて土砂容積濃度が大きくなったという事例があった(図-3(b))。

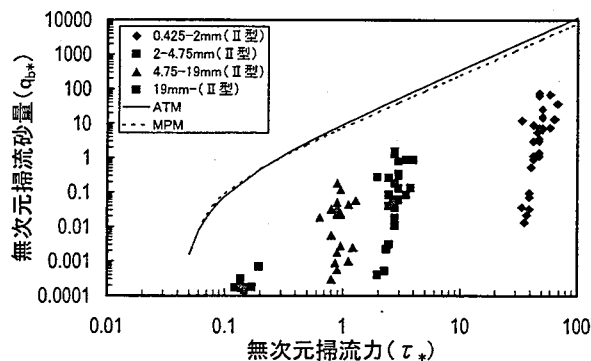


図-2 掃遊砂量(丸山橋)

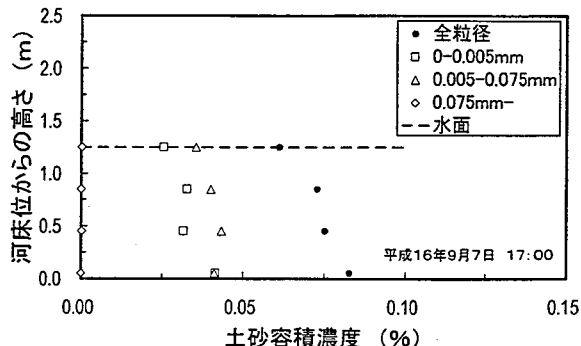


図-3 (a) 土砂容積濃度分布(玉機)

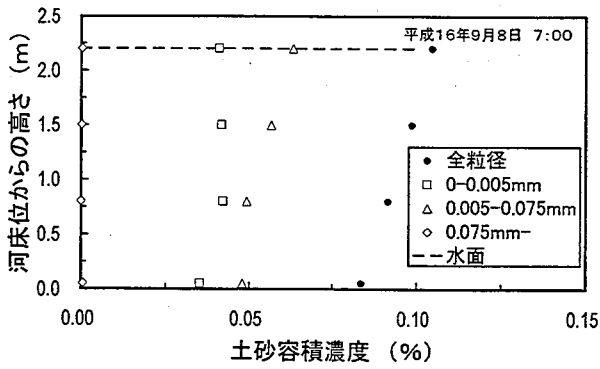


図-3 (b) 土砂容積濃度分布 (玉機)

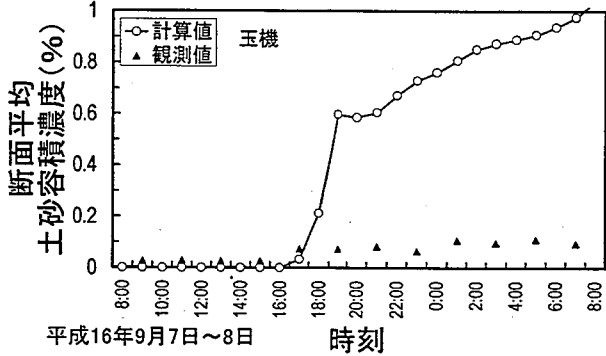


図-4 (a) 計算値と観測値 (玉機)

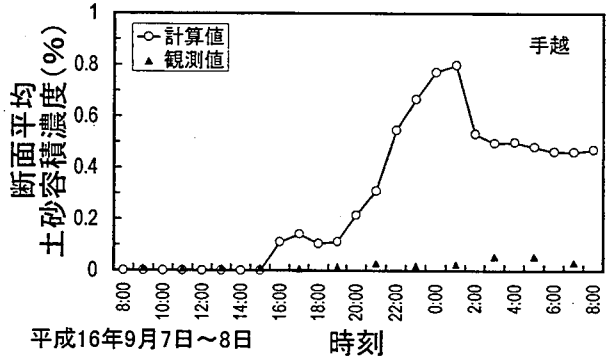


図-4 (b) 計算値と観測値 (手越)

3. 地形変化推定モデルに基づく流砂量の推定

3.1 地形変化推定モデルの概要

図-1は安倍川流砂系の流域を分割した小流域を示したもので、既往モデル³⁾と同じである。計算に用いる降雨量は梅ヶ島にあるアメダス観測所の値を用いた。また、有効雨量は降雨量と等しいとした。

斜面部から河道部に流入する流量は等価粗度法により算出した。詳細は参考文献²⁾を参照していただきたい。河道部は2次元浅水方程式と河床位の連続式を有限体積法により解いた。流水は川幅一杯に流れると仮定して、一定とした。なお、計算格子は論理的矩形格子とし、パラメータは計算格子に囲まれたセル内の平均値とした。また、セルの境界でのフラックスはRoe平均値を用いて算出した⁵⁾。

$$\partial h / \partial t + \partial(Uh) / \partial x + \partial(Vh) / \partial y = -i_b \quad (1)$$

$$\partial(Uh) / \partial t + \partial(U^2h + 0.5gh^2) / \partial x + \partial(UVh) / \partial y = -gh \cdot \partial z_b / \partial x - n^2 V \sqrt{U^2 + V^2} / h^{4/3} \quad (2)$$

$$\partial(Vh) / \partial t + \partial(UVh) / \partial x + \partial(V^2h + 0.5gh^2) / \partial y \quad (3)$$

$$= -gh \cdot \partial z_b / \partial y - n^2 V \sqrt{U^2 + V^2} / h^{4/3}$$

$$\partial(C_i h) / \partial t + \partial(C_i U h) / \partial x + \partial(C_i V h) / \partial y = -C_i i_b \quad (4)$$

$$\partial z_b / \partial t + (1/C_i) \cdot \left\{ \partial q_{Bx} / \partial x + \partial q_{By} / \partial y + \sum (q_{sui} - q_{sdi}) \right\} = 0 \quad (5)$$

$$i_b = \partial z_b / \partial t \quad (6)$$

ここで、 h :水深[m]、 U, V :流速のX,Y成分[m/s]、 g :重力加速度[m/s²]、 n :粗度係数、 C_i :粒径階*i*の土砂容積濃度($i=1,2,3,4,5$)、 C_{*i} :堆積層中の粒径階*i*の土砂容積濃度、 i_b :堆積速度[m/s]、 q_{Bx}, q_{By} :x,y方向の掃流砂量[m³/s/m]、 q_{sui}, q_{sdi} :浮遊砂の浮上量及び沈降量[m³/s/m²]である。なお、掃流砂量は芦田・道上式で算出した。浮遊砂の浮上量は芦田・道上式($k_1=0.0042$)で算出した。浮遊砂の土砂容積濃度の鉛直分布は指数型とし、沈降量は沈降速度に基準面濃度をかけたものとした。

3.2 流砂量の推定結果と観測結果の比較

掃流砂については、観測の精度が低いことから、浮遊砂について、推定結果と観測結果を比較する。

図-4(a),(b)は浮遊砂の断面平均土砂容積濃度の計算値と観測値を比較したもので、9月7日~8日を対象としたものである。図-4から分かるように、計算値は観測値よりも玉機橋で最大10倍程度、手越で最大30倍程度大きくなった。このような差が現れた理由は、3.1のモデルの誤差や観測値の誤差などによるものと考えられるが、現時点では明確でない。また、山地流域では浮遊砂の土砂容積濃度が指数型になっていない事例(図-3(b))のように、3.1のモデルで取り込んでいない現象があった。このような現象も推定結果の精度に影響を及ぼしたと考える。

4. おわりに

今後は、観測機器や観測方法の改善により観測精度を向上させ、精度の良い観測値に基づいた地形変化推定モデルの精度検証を行なうとともに、観測結果に沿うように、地形変化推定モデルを改良していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 水野秀明(2004):流砂系における土砂移動実態に関する研究、土木技術資料46-3、p.14-17、
- 2) 福嶋彩、水野秀明、寺田秀樹(2004):流砂系を一貫して扱う地形変化推定モデルの開発と安倍川流砂系への適用、土木技術資料46-2、p.50-53、
- 3) 水野秀明、原榎利幸、寺田秀樹、境道男、長島佳孝、加藤善明、山下伸太郎、大坪隆三(2004):流砂量観測結果との比較による土砂生産流出モデルの適用性に関する研究、平成16年度砂防学会研究発表会概要集、p.312-313、
- 4) 末次忠司、日下部隆昭、谷口丞(2003):土砂動態予測のための河床変動モデルの改良-涸沼川を事例として-、国土技術政策総合研究所資料No.69、138p.、
- 5) R. J. Leveque(2002): Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Cambridge texts, p.514-534