

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

国土交通省国土技術政策総合研究所 水野 秀明, 原榎 利幸, 寺田 秀樹
 国土交通省静岡河川事務所 境 道男, 長嶋 佳孝, 加藤 善明
 住鉦コンサルタント株式会社 山下 伸太郎, 〇大坪 隆三

1. はじめに

流域の土砂管理を行うために流域における土砂生産・流出現象を予測することは極めて重要である。とくに、中小出水による下流への土砂供給を考えた場合には、斜面侵食による土砂生産・流出過程のより実態に即した予測モデルの構築が必要となる。

本研究では、Kinematic Wave 法による降雨流出モデル、表面流によって掃流力に起因した斜面侵食による土砂生産モデルおよび河道における一元河床変動モデルを組み合わせた土砂生産・流出モデルを構築し、安倍川源頭部に位置する大谷川の丸山橋地点で実施された洪水中の流砂量観測結果をもとに、洪水による総流出土砂量だけでなく洪水中の流砂量の時間変化についても観測値と土砂生産・流出モデルによる計算結果との比較を行い、その適用性について検討した。

2. 土砂生産・流出モデルの概要

土砂生産・流出モデルは、降雨流出、斜面侵食および河床変動モデルにより構成させている。このうち、降雨流出量の計算には Kinematic Wave 法を用い、また、河床変動量は、混合粒径を考慮した流砂量式と砂礫の連続式からなる一般的なモデルにより計算している。なお、流砂量式としては MPM 式を、浮遊砂量式としては芦田・道上式を用いている。

また、斜面侵食量 q_s は、簡便なモデル構成を念頭に Brown 型の流砂量式を用いて次式により計算した。

$$q_s(x) = \mu \tau^{5/2} = \mu \left(\frac{h(x)i}{sd} \right)^{5/2} \sqrt{sgd^3} \quad (1), \quad h(x) = \left\{ \frac{nr_e}{i^{1/2}} x \right\}^{3/5} \quad (2)$$

ここに、 d : 侵食土砂量の代表粒径、 s : 砂礫の水中比重、 i : 斜面勾配、 n : 粗度係数である。 $h(x)$ は斜面上流端からの距離 x 地点の水深であり、有効雨量 r_e による斜面上の流れを不等流とし、運動方程式に Manning 則を適用して求められる。そして、斜面長 L の斜面下端からの単位幅あたりの侵食土砂量が次式ように求められる。

$$q_s(L) = \mu \left\{ \frac{(nr_e L)^3 i^{7/2}}{(sd)^5} \right\}^{1/2} \sqrt{sgd^3} \quad (3)$$

斜面侵食の受け易さは、(1)式、(3)式中の係数 μ で表される。 μ は裸地や森林など斜面の地被状況により支配されるが、ここでは対象流域全域で一定値としている。

3. 計算条件

対象流域は、静岡県の安倍川源頭部の大谷川流域であり、流砂量観測地点である丸山橋上流の流域面積 15.1km^2 の範囲である。計算では、図-1 に示すとおり流域を単元斜面に分割して斜面形状を台形または逆台形で近似し、斜面長、斜面幅、斜面勾配を縮尺 1/25,000 の地形図をもとに計測した。

計算対象の降雨は、2001 年～2003 年に現地での流砂量観測が実施されている 5 降雨で、計算に用いたハイドログラフは、等価粗度係数 N を変化させた流出解析を行い、水位・流速観測から求められた流量と一致するように求めた(図-2)。

侵食土砂の代表粒径 d は、現地材料の粒度分布試験結果から 17mm とし、また、 s は 1.6 としている。

4. 計算結果

図-3 には、丸山橋地点の観測流砂量と計算流砂量とが概ね一致する μ を用いた計算流砂量 Q_s と計算流量 Q との関係を図-4 は、 μ を $0.01 \sim 0.03$ の範囲で変化させて求め

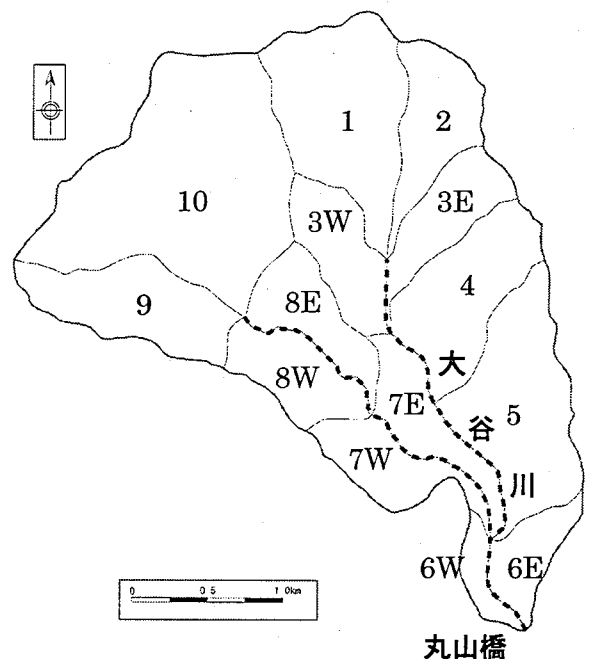


図-1 大谷川流域の斜面分割図

た斜面侵食量をもとに河床変動計算結果を実施し、丸山橋地点での浮遊砂量と掃流砂量を集計した結果で、 μ の値が大きい(斜面侵食量が多い)ほど丸山橋地点での総流砂量は多くなっているのがわかる。図-5は、総流砂量が集計されていない2003年の観測結果を除いた3降雨について、流砂量観測にもとづく丸山橋地点の流砂量と計算結果とを比較した結果である。2001年の8月と9月降雨は総流砂量でみると $\mu=0.03$ 程度とした場合に、2002年10月降雨では $\mu=0.005\sim 0.01$ 程度とした場合に、丸山橋地点の観測流砂量と計算流砂量と

が概ね一致する。

図-3をみると、流量と浮遊砂量とは、概ね正の相関があり、時系列的にみるとほぼ時計回りのカーブを描いている。なお、2003年の2降雨については、 μ の変化に対する計算浮遊砂量の変化が小さく、観測値と一致するような μ の値を決定することが難しいため $\mu=0.01$ とした場合の計算結果を示している。浮遊砂観測結果と計算値結果が一致しているとは言い難い降雨もあるが、浮遊砂量が $1\sim 10\times 10^{-3}m^3/s$ 程度になると比較的計算値は観測値に近い値を示す傾向が見られる。

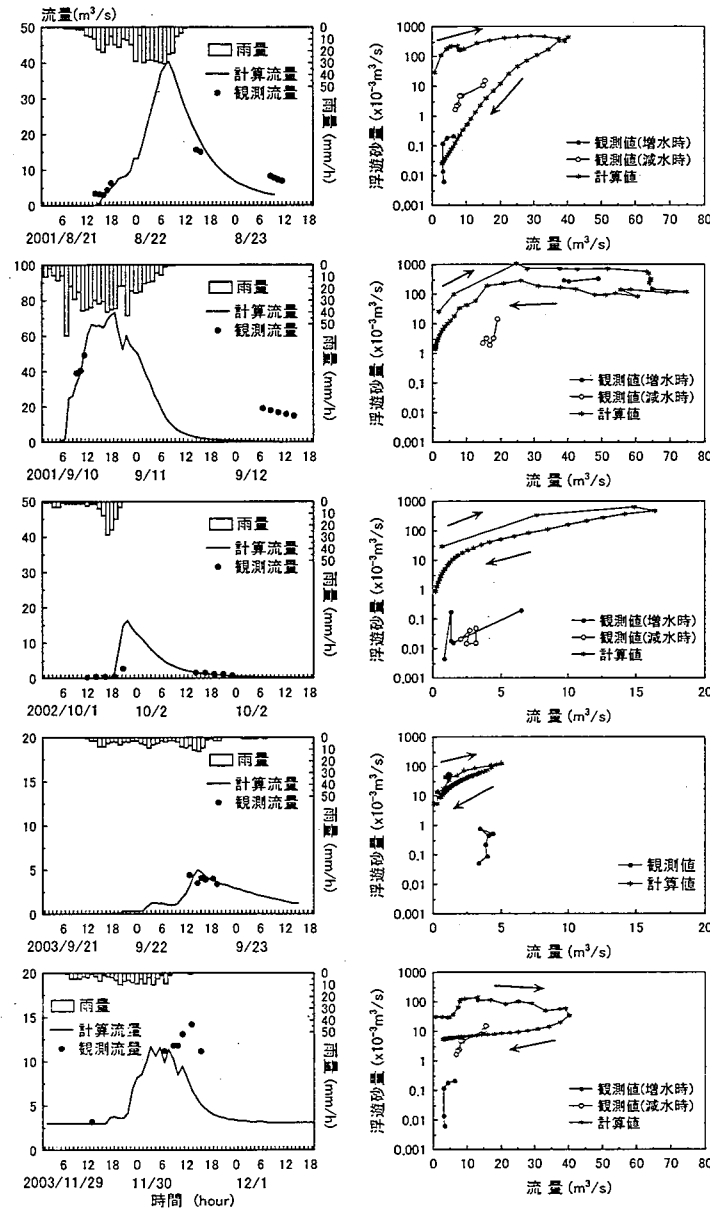


図-2 流出解析結果

図-3 流量と浮遊砂量との関係

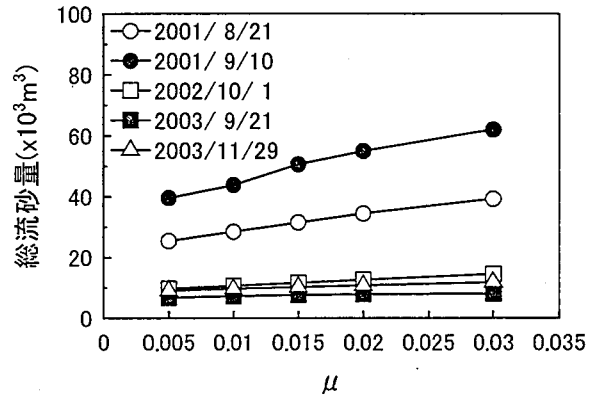


図-4 μ と計算流砂量との関係

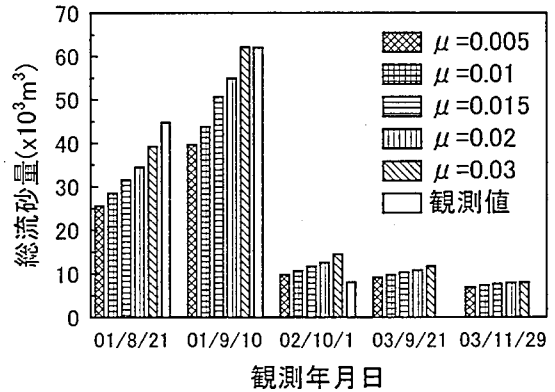


図-5 観測毎の流砂量の観測値と計算値

5. おわりに

流砂量観測結果のサンプル数が少ないため、大谷川における斜面の受侵性を表す μ の一般値を見いだすのは困難であるが、以上の検討結果から、2001年8月、9月観測時のように、丸山橋地点でのピーク流量が $50m^3/s$ を超えると推定されるような出水時においては、 $\mu=0.03$ 程度の値をとると予想される。また、浮遊砂量が、 $1\sim 10\times 10^{-3}m^3/s$ 程度以上になると、計算浮遊砂量と流量との関係が観測値と比較的一致していることから、流量規模がある程度大きく、また、浮遊砂濃度が高い条件下では、浮遊砂量や総流砂量の予測に関する適用性が高くなるといえる。

今後は、土砂生産・流出モデルや条件設定の精度を上げていくために、比較的流量が多い洪水時の観測値のサンプル数を増やすとともに、増水期～ピーク時～減衰期の洪水中全般の流砂量の観測データにより検証を行っていきたい。