

II-287

砂防対象河川における土砂動態の
モデル化に関する検討

山梨大学大学院 学生員 長谷川 登
山梨大学工学部 正 員 砂田 憲吾
建設省富士川砂防 正 員 酒谷 幸彦

1. はじめに

近年の河川環境整備の気運の高まりや流域沿川の開発、土地利用の高度化により河川の流水や土砂移動のより高精度な管理が求められている。一方今日まで土石流や掃流など個々の土砂動態の現象に関する研究は盛んに行われており成果を上げているが水系全体の土砂動態の研究は必ずしも十分でない。これまでに高秀ら¹⁾による天竜川水系における土砂動態システムや橋本ら²⁾による貯水池上流の土砂移動モデル等が研究されてきたが、日ないしは期間単位の土砂収支量の観点から考えられている。本研究では水系全体の土砂動態システムの構成を最終目標として、いわゆるSediment Routingの基本的な枠組みを得るために時間単位のモデルからまず出発する。ここではデータの整っている富士川支川早川水系の春木川について簡潔な土砂動態モデルを構成し基本的な妥当性、生産土砂量の逆推定、諸パラメタの感度について検討した。

2. 土砂動態モデルの概要

本研究の立場は、雨量強度とその時系列を与えて春木川本川上での河床変動を計算しようというものである。従って全ての計算モデルが雨量強度との関数で表されなくてはならない。この場合最も基本的な土砂生産についてはまだ一般的な計算方法は確立されていない。そこで崩壊量と日雨量の関係¹⁾を参考にして新たに単位面積当たり土砂生産量 (v [$\text{m}^3/\text{km}^2/\text{hr}$]) を雨量強度 (r [mm/hr]) の2次関数として式(1)のように表し、妥当な係数を計算結果から推定することにした。

$$v = \beta \cdot r^2 \cdots (1)$$

まず春木川水系を1次谷ごとに流域分割した水系モデルを設定し、(1)式から分割斜面ごとの時間当たり土砂生産量を考慮する。次に河道上での土砂移動を計算するために河道モデルを設定する。河道モデルは、一連の流れの中でその諸条件を連続的に変化させる自然河川をその実態を損なわない程度に分割して近似した一様断面直線水路の集まりに置き換えたものである。本モデルでは本川上に8基の砂防施設が連続して設置されていることから砂防施設間を1ブロックとした8つのブロックに分割した。また支川については各支川ごとに一様断面直線水路を与えた。これらを組み合わせて河道をモデル化する(図-2)。この河道モデルに各ブロックごと計算モデル(流砂量式)を適用して流砂量を計算する。河道における流砂量式は、河床勾配による土砂流送形態区分⁵⁾を用いて形態ごとに表-1に示す式を用いた。なお本モデルでは浮遊砂の影響は無視した。計算において砂防ダムの堆砂池は常に満砂状態として扱った。

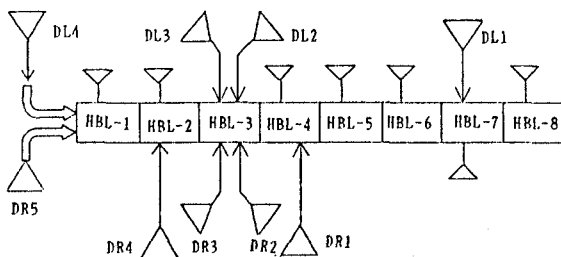


図-2 河道モデル

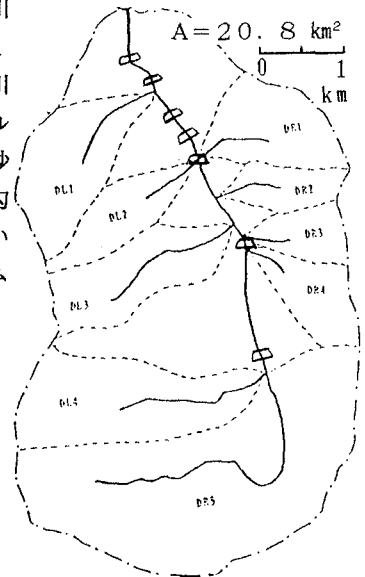


図-1 水系モデル

表-1 流砂量式

$i > 14^\circ$	土石流	高橋の土石流の濃度式
$14^\circ \geq i$	掃流状集合流動 （↑↓河床勾配と水理量によって定まる境界） 掃流	水山の遷移域の式 芦田らの山地河川の掃流砂量式

また河床勾配については常に元河床と同じとし土砂供給による河床勾配の変化は考えていない。流水に関しては等流として計算している。また流出量に関しては雨量強度より流出関数法を使って求める。以上の土砂生産モデル、水系モデル、土砂移動モデル（河道モデル、流砂量式、流出関数法）を組み合わせた土砂動態モデルに雨量強度を与えて土砂移動量と河床変動を計算する。計算にあたっては土砂の粒径、内部摩擦角等の諸数値を与えなければならない。粒径と河道の粗度係数については現地視察から妥当と見なされる値を設定し、その他の諸数値はこれまでの研究⁴⁾を参考に通常考えられる値を用いた。

3 計算結果

計算は昭和63年12月～平成元年12月を対象として行った。土砂生産は日雨量100mm以上の降雨により起こるとした。対象期間では平成元年8月27日（総雨量303mm）と9月3日（総雨量221mm）の両日の降雨が対象となった。本モデルでは土砂生産関数の係数を計算結果から逆推定しなければならない。対象期間の河床変動測量と計算結果から係数 $\beta = 1.0$ のとき図-3のような結果となり、ブロック7を除きほぼ妥当な計算値が得られている。式（1）で求まる土砂生産量をそのまま河道モデルに流しているために実際の土石流の形態を十分表現しているとは必ずしもいえないが、対象期間に生産された土砂量、河床変動量については十分表現し得ると考えられる。

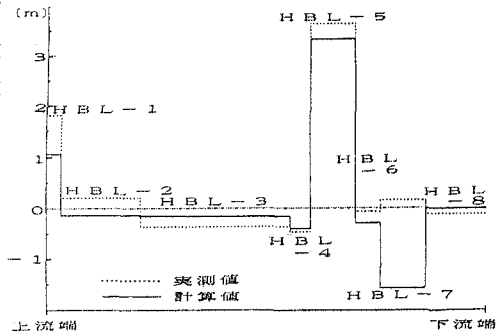


図-3 河床変動量

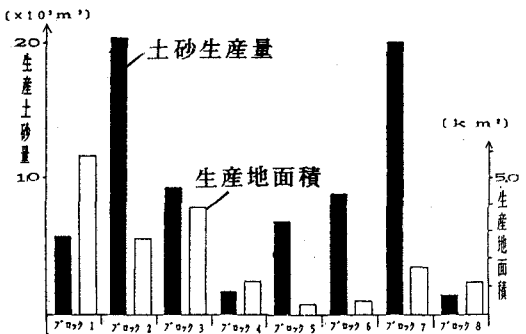


図-4 土砂生産量の算定

逆に本モデルを用いて、区間ごとに土砂収支が満たされるように生産土砂量の算定を試みた。河床勾配は常に元河床に等しいとしているため流水の土砂輸送能力は土砂供給の影響を受けないことになる。そこで流水による土砂輸送量と測量結果から各ブロックに流れ込む生産土砂量を計算した。結果は図-4の通りで、限られた流域内でも土砂生産率は一部の斜面においては異なった値を示す。また、諸パラメタの感度について検討した結果、粒径の設定が及ぼす影響が河床の粗度係数等に比して影響が大きいことが認められた。

4 まとめ

研究の最終目的は水系全体の土砂動態システムを構成することにあるが、まず水系の土砂動態を時間単位で扱いより詳しく計算しうる形式でモデル化しておき、今後適切な簡単化を進める立場に立っている。検討の結果、比較的簡単な仮定による計算でも巨視的にみればある程度の精度をもって計算しうるということが分かった。また、春木川流域の一洪水における生産土砂量は雨量強度に対して単純な2次関数として推定できそうである。さらに、より精度の高い河床変動量の推定を行うには勾配変化に伴う不等流を考慮にいたれた計算も考えられるが、その場合にも合理的な単純化が必要と考えている。

（参考文献）1）高秀：水系における土砂動態システムについて，第27回水理講演会論文集，1983。2）橋本：土砂移動モデルの作成について，建技研報告，1982。3）芦田，高橋，水山：山地河川の掃流砂量式に関する研究，新砂防170号，1978。4）水山：土石流から掃流に変化する勾配での流砂量，新砂防116号，1980。5）芦田，高橋，水山：河川の土砂災害と対策，森北出版，1983。