

II-206

河川水系における土砂動態のモデル化について

電源開発（株） 正員 長谷川 登
山梨大学工学部 正員 砂田 憲吾

1. はじめに

河川における流水と土砂のより高度な管理のためには、区間的な従来からの各種の河床変動解析法と共に、水系全体の土砂動態を一括して評価・予測する手法を開発する必要がある。土砂動態に関わる土砂生産、輸送、堆積過程は河川流域内の斜面、植生、表層地質、河道などの特性とその分布に支配される。著者らは、地理情報システムなどの客観的な流域特性の分布情報を有効に利用することを考え、水系全体における土砂動態のモデル化のための検討を進めてきた¹⁾。これまでに富士川水系早川（図-1）の支川春木川流域（20.8km²）を例に基礎的な検討を行い、地形図などの資料から構成する従来型モデルを用いての計算諸パラメータの感度、解析時間間隔の吟味に続き、擬河道網の導入によるモデルの妥当性、実地形河川と擬河道網の等価性について議論してきた。本稿ではそれらの結果に基づいて、さらに流域を拡張し早川水系全体（509.1km²）を対象として、当面目標としてきた規模の水系への土砂動態モデルの適用性について報告する。

2. 擬河道網による土砂動態モデルの基本構成

流域地形の評価には国土数値情報の標高データによる擬河道網²⁾（図-2）を用いる。斜面要素を集約させた擬河道網上で降雨強度とその時系列を与えて水系内の土砂動態を計算することになる。まず水系内土砂動態は日雨量100mm以上の降雨で発生するとする。土砂生産については崩壊量と日雨量の経験的な関係³⁾を参考に、単位面積当り土砂生産量： $V(\text{m}^3/\text{km}^2/\text{hr})$ を降雨強度： $r(\text{mm}/\text{hr})$ と斜面の平均勾配： $\theta(\text{deg})$ の関数として、 $V = \beta_2 \cdot \theta^c \cdot r^2 \cdots (1)$ で推定する。斜面平均勾配は各メッシュ点を始点とする擬河道の勾配で与える。ここでは $c=0.5$ として係数 β_2 は計算により最適値を逆算する。河道における土砂輸送形態は最も基本的な掃流による輸送形態のみを考慮する。基本となる流出量の推定には流出関数法を用いる。流路勾配 θ が $\theta > 15^\circ$ のときには通常は土石流区間として取り扱われるが、ここでは土石流の輸送形態は考慮せず生産された土砂のみが全て擬河道網の次の流路に流入すると仮定する。 $\theta < 15^\circ$ の場合には掃流状態と見なし山地河川での掃流砂量式⁴⁾を用いる。流水は各流路単位で等流と仮定し、河床勾配は常に元河床の勾配に等しく一定とする（後に変化を考慮）。

3. 早川流域へのモデルの適用と検討

上述のように与えられるモデルを基本に早川水系全体での土砂動態の検討を行うが、適用にあたり次の4項目について再検討した。(a)分布降雨の考慮：流域内の硯島、野呂川および流域至近の八丁山雨量観測所の時間降雨データを用いてテーセン法により分布降雨を考慮する。

(b)砂防施設の評価：水系内に多く設置されている砂防ダム位置をメッシュ点上に近似し、直上流擬河道の勾配を1/2倍、擬河道幅を2倍にして施設効果を評価する。また流域内の雨畑、西山の大規模ダムからは土砂は流出しないと、40基の砂防ダムと2基の多目的ダムを考慮した。

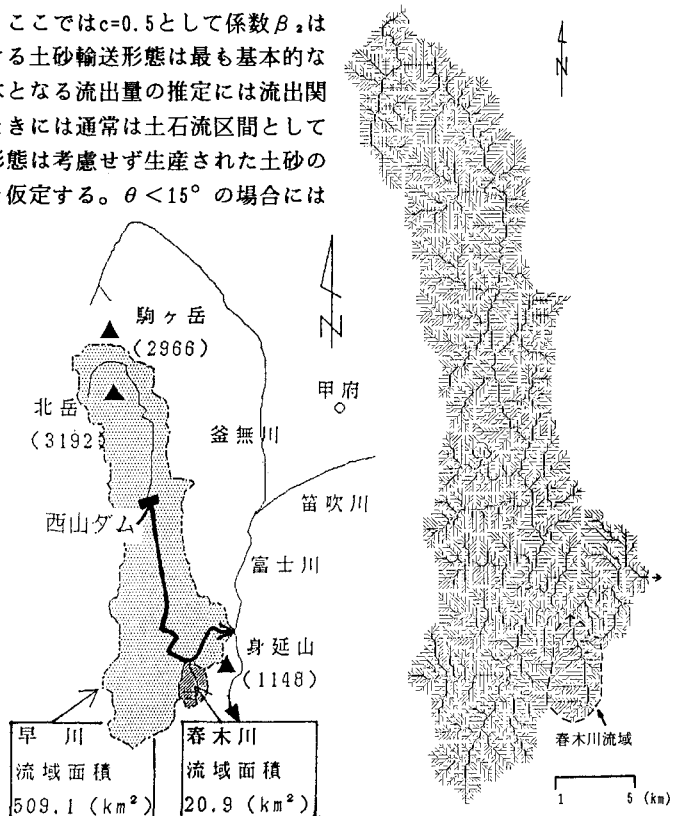


図-1 早川流域

図-2 早川流域擬河道網

(c)河床勾配の変化:各擬河道区間での平均河床変動量を区間中間点での変動量とし、直上流と直下流区間の中間点変動量とから河床勾配を算定する。(d)平均粒径の水系内分布の考慮:これまでに、計算パラメータのうち特に土砂粒径 d の計算値への影響が大きいことが判っている¹⁾。そこで水系内の各地点での土砂粒径を河床勾配 l から次式により推定する。 $d=C \cdot l^{2/3} \dots (2)$

ただし、 C はパラメータでここでは $C=13.8$ とする。

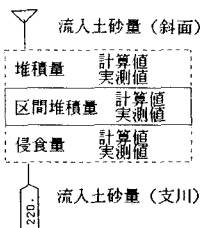
以上の項目を考慮し早川水系の土砂動態を計算し、富士川との合流点付近の早川橋から西山ダムまでの本川区間(図-1)を対象に河床変動測量の結果と比較した。計算対象期間は昭和56年3月~昭和58年2月である。まず、2.で述べた基本モデルに(a)分布降雨、(b)砂防施設を考慮して行った河床変動計算結果の例は図-3のようになり、計算値は実測値に較べ大きく堆積傾向を示した。これに対し、先の4つの項目すべてを考慮した場合の結果は図-4、5のようになる。図-4は計算結果を地形情報メッシュに対応して2区間ごとに、図-5は20区間ごとに平均した場合である。図-5の方がより妥当な結果となっている。同図で西山ダム直下流区間では、洗掘が進み河床低下が停止している実際の状況が再現されていないが、そのほかの区間では実測とかなりよく似た傾向を示している。図-6は図-5に対応する土砂収支図であり、平均区間ごとにボリュームで表されている。このような結果を用いれば、砂防施設の計画や支川毎のモデルの検証にも役立てられよう。

4. おわりに

500km²程度の大きさの水系全体での土砂動態がモデル化できそうであるとの見通しがつけられたと考えている。モデルそのものは未だ不十分な点があるが、合理的かつ着実に精度の向上を図ることができるのもこのモデルの長所でもある。さらに検討を重ねて行く予定である。

[参考文献]

- 1)砂田・長谷川:河川水系全体における土砂動態のモデル化に関する基礎的研究、水工論、Vol. 37、1993
- 2)陸・小池・早川:分布型水文情報に対応する流出モデルの開発、土木論文、1989
- 3)高秀・九津見・藤沢:水系における土砂動態システムについて、27回水講、1983
- 4)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107、1987



(凡例)

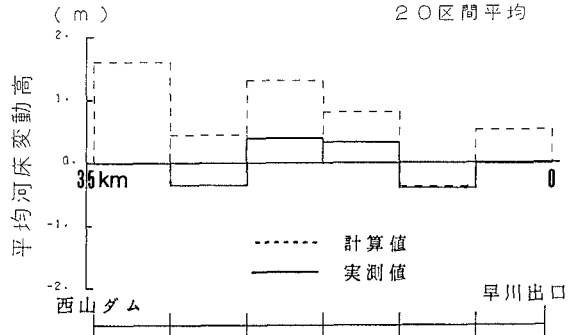


図-3 河床変動計算結果(a, b考慮)

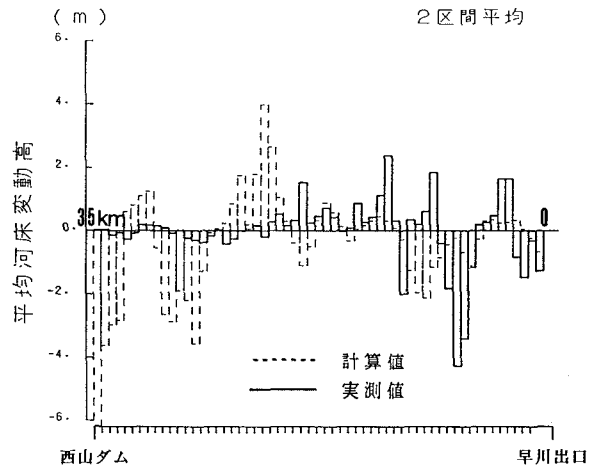


図-4 河床変動計算結果(a, b, c, d考慮)

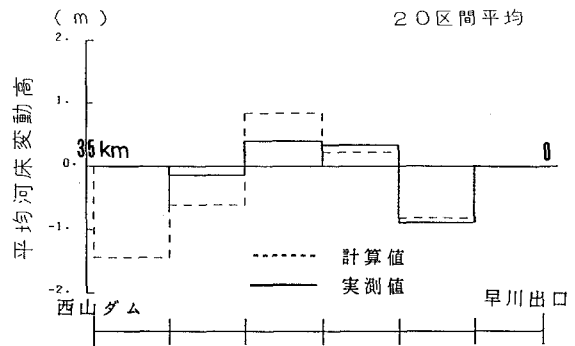


図-5 河床変動計算結果(a, b, c, d考慮)

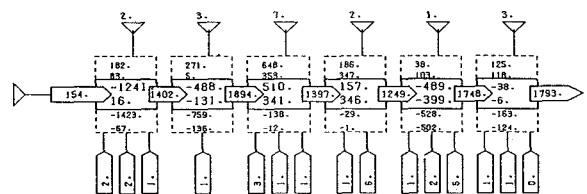


図-6 土砂収支図