

26 混合粒径を用いた河床変動計算と砂防計画への適用 —— 春木川における検討 ——

勘砂防・地すべり技術センター ○井野 伸彦 松村 和樹
建設省 富士川砂防工事事務所 久保田 哲也

1. 概 要

近年、コンピュータを用い、物理モデルにより土砂生産・流出現象を表現し、砂防計画に適用しようとする動きがみられる。今回、富士川流域においてモデル流域となっている春木川について土砂生産・流出モデルを作成し、砂防計画への適用を検討した。

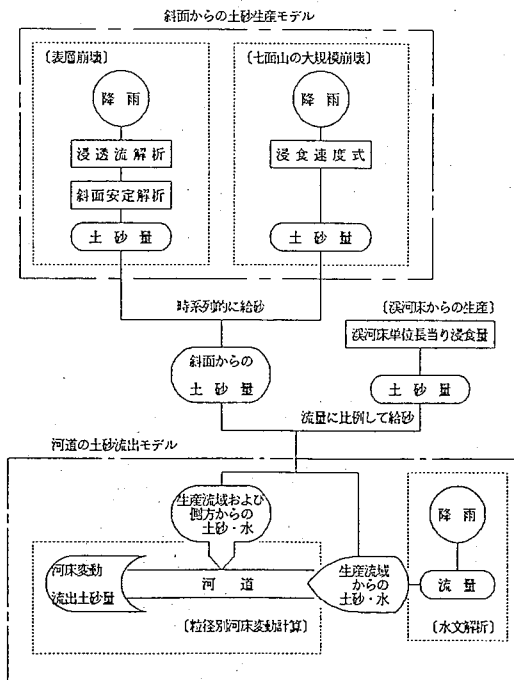
本報告は、別途報告されている土砂生産モデルの結果をうけて、河道の土砂流出を追跡する土砂流出モデルに関するものである。（図－1 参照）

この土砂流出モデルにおける特徴は、粒径別河床変動計算であり、砂防計画を量的に評価するだけでなく、質的にとらえようとしている。

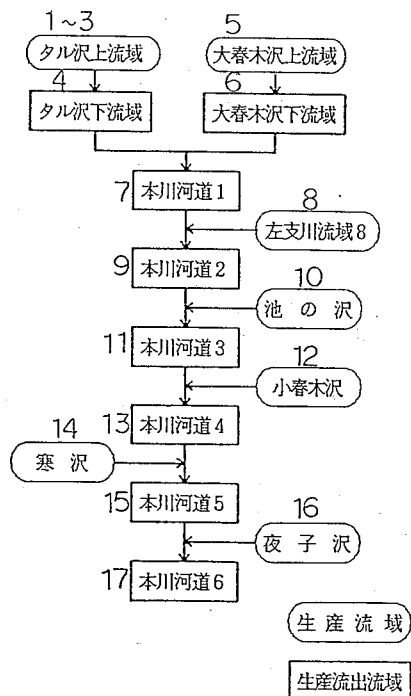
2. 春 木 川 の 流 域 モ デ ル

春木川の流域モデルは図－2に示すとおりであり、基本的に二次流域を単元流域とし、17の小流域に区分した。単元流域は下記に示すように生産流域と、生産流出流域に区分する。

- ①生産流域 …………… 土砂・水の供給のみ（タル沢・大春木沢上流、池の沢、小春木沢等）
- ②生産・流出流域 …… 側方からの土砂・水の供給と河床変動計算（本川、タル沢・大春木沢下流）



図－1 土砂生産・流出モデルの概要



図－2 春木川の流域モデル

3. 粒径別河床変動計算の考え方

河床変動計算は、①流水の運動方程式、②流砂量式、③、流砂の連続式を連立して解くことによって実施される。

①. 水面形、掃流力の計算は、等流で考えた。

②. 流砂量の算定フローは、図-3のとおりであり、掃流、土砂流（掃流状集合流動）および土石流流送形態を検討した。

i 掃 流

無次元掃流力 τ_{*m} が掃流領域、あるいは掃流流砂量 > 土砂流流砂量の場合、

Meyer - Peter - Muller の式で、粒径別掃流流砂量を算出した。

$$\Phi B_i = 8 \cdot (\tau_{*i} - \tau_{*ci})^{3/2} \quad \text{--- (1) 式}$$

τ_{*i} : 粒径 d_i の無次元掃流力 τ_{*ci} : 粒径 d_i の無次元限界掃流力

ii 土 砂 流

無次元掃流力 τ_{*m} が土砂流領域、かつ河床勾配 $< 10^\circ$ で土砂流流砂量 > 掃流流砂量の場合、高橋¹⁾の式を用い、土砂流流砂量を算出した。粒度分布は、掃流砂と同じ粒度分布とする。

$$q_{s*} = \frac{2}{3} \frac{(4.2 - 0.75 \cdot Cdc)}{\cos^2 \theta (\tan \phi - \tan \theta)} \tau_{*m}^2 \left[1 - \frac{\tau_{*cm}}{\tau_{*}} \right]^2 \quad \text{--- (2) 式}$$

q_{s*} : 無次元表示した単位幅当り流砂量

ここで、土砂流となる範囲は高橋¹⁾の領域式で判定した。

$$\tau_{*m} \geq \cos \theta \left\{ (C_* + \frac{q_{s*}}{f}) (\tan \phi - \tan \theta) - \frac{(\sigma - \rho)}{\rho} \tan \theta \right\} \quad \text{--- (3) 式}$$

iii 土石流

無次元掃流力 τ_{*m} が土砂流領域の範囲にあり、河床勾配が 10° 以上の場合、

土石流流砂量は、下記に示す高橋式を用いて算出し、粒度分布は、上流から流入する土砂の粒度分布とした。

$$C = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho) (\tan \phi - \tan \theta)} \quad \text{ただし、} C : \text{土石流濃度} \quad \text{--- (4) 式}$$

③. 粒径別の流砂の連続式については、交換層の概念²⁾を用いた粒径別の連続式を差分化して流砂の土砂収支を計算した。河床材料の粒度分布は、上流から流入する土砂と下流へ流出する土砂の粒度構成により刻々と変化する。本検討では複数の堆積層を考慮することで、粒度分布の変動を縦断方向に追跡するだけでなく、深さ方向の変化についても表現しようとしている。

河道断面は、図-4に示すように10層の堆積層（1層目が交換層、各層の厚さは $DIP0$: 最大粒径程度）に区分する。基本的な粒径分布変動の手順を説明すると、まず、粒径別に上流からの流入土砂と、下流への流出土砂を算出し、粒径別の変動量を算出する。この変動量をもとに交換層（この時点では $DIP0 + \Delta Z$ の厚さ）の粒度分布を変化させる。次に、i) 2層目から不足分を補足（侵食のケース）、ii) 余剰分を2層目に組み込む（堆積のケース）の処理を行い、交換層の厚さを基本的な交換層の厚さ: $DIP0$ とする。このとき、2層目の厚さを $DIP0$ (交換層の厚さ) の 0.5~1.5 倍の間で変化させて3層目より下層が互いに混じり合わないようにしている。

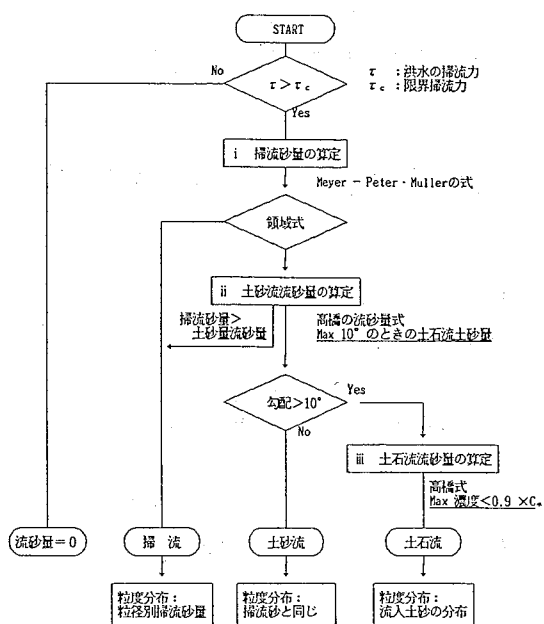


図-3 流砂量算定のフロー

4. 計算 ケース

計算ケースは表-1の4ケースである。

5. 計算 条件

5.1 流量時系列

流量時系列は、計画洪水および中小洪水3回である。計画洪水は、150年確率降雨で、昭和57年災害時の降雨パターンを用い、中小洪水は、10年確率降雨（年最大、第2位、第3位）で、後方集中型の波形を用いて、中安の単位図法により設定した。

5.2 粒度分布

河床および生産土砂の粒度分布は、既往粒径調査により、図-5のように設定した。

5.3 給砂方法

生産流域および側方からの土砂は、別途報告の土砂生産流出モデルの結果をうけて、時系列的に河道へ給砂した。

表-1 計算ケース

ケース	ハイドログラフ	早川本川
S57年災	昭和57年災降雨	考慮せず
無施設時	計画+中小洪水	考慮
現況施設	計画+中小洪水	考慮
計画施設	計画+中小洪水	考慮

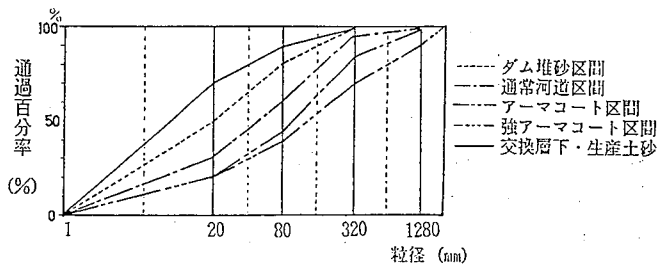


図-5 河床および生産土砂の粒度分布

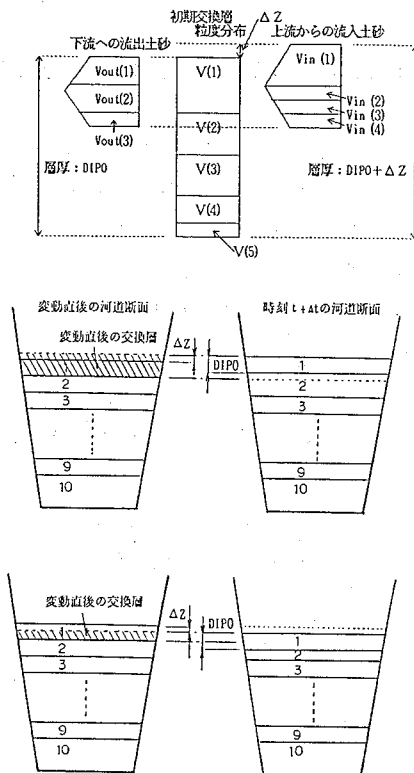


図-4 粒度分布変動の考え方

6. 計 算 結 果

6.1 昭和57年災シミュレーション

昭和57年災害シミュレーションによる中島ダム地点、早川合流点での流出土砂量は、表-2に示すとおりである。芦田・高橋・水山式(A.T.M.式)、芦田・道上式による結果も参考として示している。

6.2 計画洪水時のシミュレーション

表-3に計画洪水およびその後の中小洪水における各地点の流出土砂量を示した。これを見ると計画洪水時に河道へ流入した土砂は、計画洪水だけでは流出せず、その半分以上がその後の中小洪水によって流出していることがわかる。また、図-6に示すように整備が進むにしたがい、早川本川のピーク水位が低下するという結果が得られた。

表-2 昭和57年災害シミュレーション結果
千 m^3

ケース	中島ダム地点	早川合流点
実績値	186.1	157.1
M.P.M.式	232.4	180.9
A.T.M.式	249.4	189.8
道上式	97.3	59.8

表-3 計画洪水シミュレーションによる各地点の流出土砂量
千 m^3

ケース	中島ダム地点		
	計画洪水時	中小洪水時	計画+中小洪水
無施設	513.5	662.1	1,175.6
現況施設	306.5	383.0	689.5
計画施設	282.2	357.9	640.1
	早川合流地点		
	計画洪水時	中小洪水時	計画+中小洪水
無施設	555.0	639.1	1,194.1
現況施設	254.1	437.4	691.5
計画施設	178.1	424.3	602.4

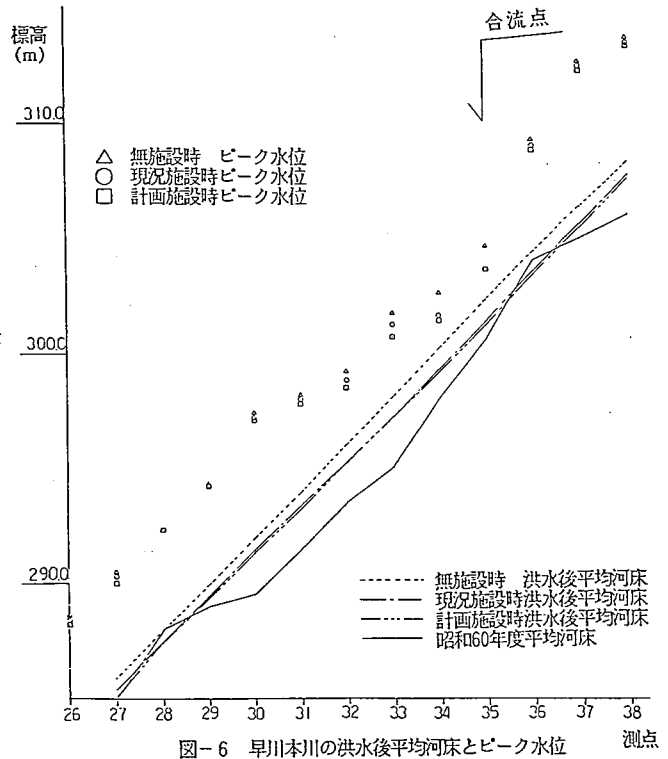


図-6 早川本川の洪水後平均河床とピーク水位

7. 今 後 の 課 題

粒径別河床変動計算で、アーマコート等の粒度分布の変動は表現できたが、急勾配部の洗掘に関しては、河床の侵食に対する抵抗を考慮する必要があると考えられる。

また、今回は、等流計算による掃流砂のみの粒径別の河床変動計算であったが、将来的には不等流計算による浮遊砂も考慮した河床変動計算を行い、より精度の高いモデルを作成することが望ましい。

参 考 文 献

- 1) 高橋 保 : 土石流の停止・堆積機構に関する研究(3) 京大防災研究所年報 第25号 B-2 昭和57.4
- 2) 平野宗夫 : Armoringを伴う河床低下について 土木学会論文報告集 第185号 1971年11月