

山地河川流域の掃流砂流出モデルに関する研究

study of bedload runoff model at mountain river area

北海道大学大学院工学研究科 ○学 生 員 斎藤 英俊 (Hidetoshi Saitou)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 黒木 幹男 (Mikio Kuroki)

1. はじめに

山地流域はさまざまな地形、地質、植生などの特性を有しているため雨水の挙動はきわめて複雑である。もし山地流域内の流出現象を精度よく再現することができるのであれば、災害の予測、土砂動態の予測などが可能になり、河道の維持または管理を行う上で非常に有効である。著者らは「石狩川流域ランドスケープ情報」収録の国土数値情報の第3次メッシュデータからなる河道網とその流域内情報の利用を前提に、山地流域内での雨水の流れを kinematic wave 法を用いて追跡し、土砂流出を評価する流域内の任意の地点における流量を算出し、ランドスケープ情報収録の勾配データ、またレジーム則で算出した粒径、川幅値をもとに掃流砂量を評価できるモデルの開発を進めている。

2. モデル流域

対象モデル流域として金山ダム流域上流部で解析を行った。金山ダムは北海道空知郡南富良野町に位置する石狩川水系の基幹貯水池で、流域面積は 469km²、河道網図のメッシュ数は 498 個、1 メッシュあたり 0.942 km² であり、外部リンク数 190 個、河道数 497 本である。

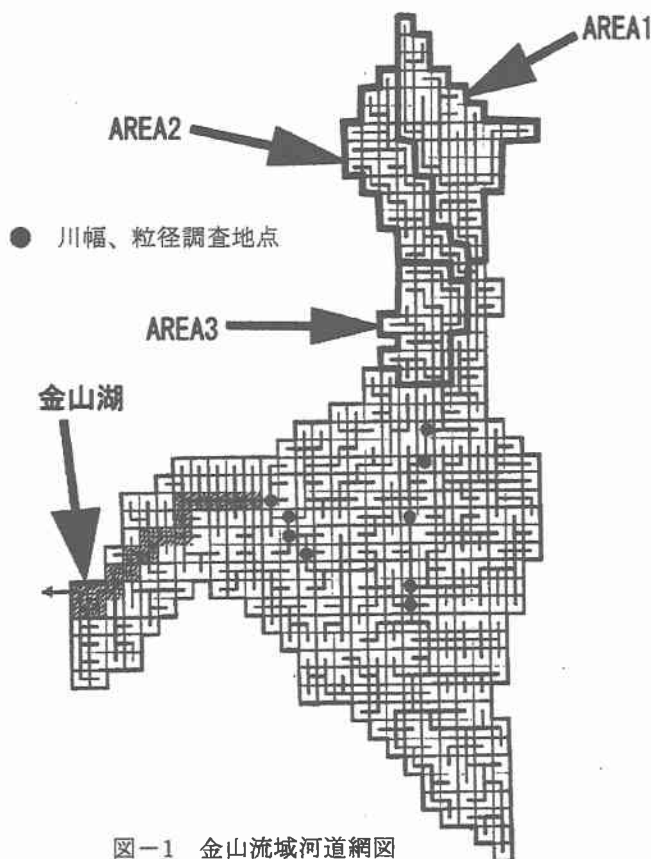


図-1 金山流域河道網図

本研究では金山ダム流域上流部、図-1に示すように AREA1 から AREA3 までの解析を行った。AREA1 での流域面積、メッシュ数、外部リンク数はそれぞれ 46.2km²、49 個、11 個、AREA2 ではそれぞれ 32.0 km²、34 個、8 個、AREA3 ではそれぞれ 25.5 km²、27 個、6 個である。図中の●は川幅、粒径調査地点を示す。

3. 基礎式

「雨水」の流出の計算には Kinematic Wave Model を採用する。

斜面上の流れに対する運動方程式、連続方程式、河道内の流れに対する運動方程式、連続方程式はそれぞれ(1)式、(2)式、(3)式、(4)式である。

$$h = kq^p \quad \dots(1) \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r \quad \dots(2)$$

k, p : 定数、 h : 水深、 q : 斜面単位幅流量、 t : 時間、 x : 斜面上流端からの斜面に沿った距離、 r : 有効雨量強度である。ここでマニング型の抵抗則を適用すると、 i を斜面勾配、 n を斜面の粗度係数としたとき

$$k = \left(\frac{n}{\sqrt{i}} \right)^5 \quad \text{で } p=0.6 \text{ となる。}$$

$$A = k'Q^{p'} \quad \dots(3) \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x'} = q_{side}(t) \quad \dots(4)$$

A : 河道の流水断面積、 Q : 河道内流量、 q_{side} : 斜面単位幅当たりの河道への流入量、 k', p' : 定数、 t : 時間、 x' : 河道上流端からの河道に沿った距離である。ここでマニング型の抵抗則を適用して、 i' を河床勾配、 n' を河床の粗度係数、 B を川幅とし、河道断面を広幅矩形断面としたとき、

$$k' = B \left(\frac{n'}{B\sqrt{i'}} \right)^5 \quad \text{で } p=0.6 \text{ となる。}$$

掃流砂量 q_B は Meyer-Peter-Muller の式を用いて、

$$q_B = 8(\tau_* - 0.05)^{\frac{3}{2}} \sqrt{sgd_m^3} \quad \text{として計算した。}$$

τ_* : 無次元せん断力、 s : 河床砂礫の水中比重、 g : 重力加速度

4. レジーム則による川幅 B 、平均粒径 d_m の推定
 任意の地点の川幅、粒径を推定する方法としてレジ

ーム公式を採用した。レジーム公式によると、

$$B = B_0 A^C \quad d_m = d_{m0} A^F \quad \text{と表せる。}$$

ここでAは任意の地点での流域面積。また B_0 、 C 、 d_{m0} 、 F は定数で、図-1 の川幅、粒径調査地点 9ヶ所のデータから図-2 のように近似した。

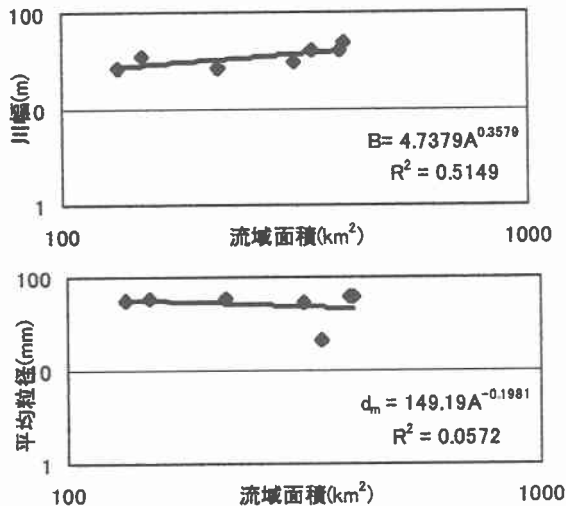


図-2 流域面積と川幅、平均粒径の関係

以上より任意の地点の流域面積をよみとるだけで川幅と平均粒径が推定できる。

5、流出計算結果

本来、計算に用いるべき雨量データは金山流域のデータを使うべきなのだが、時間の関係上データを入手することができなかったので、雨量データを想定して AREA1 から AREA3 まで同じ雨量を降らせ計算を行った。各エリアでの流出ポイントである下流端の流出計算結果を図-3 に示す。

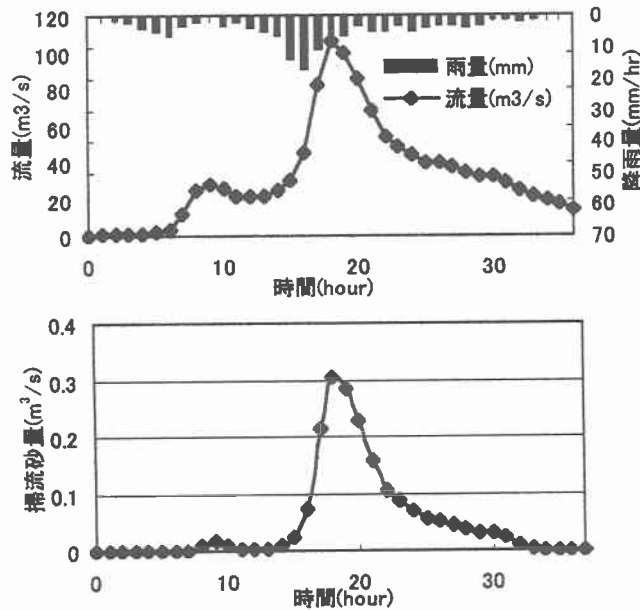


図-3 AREA1

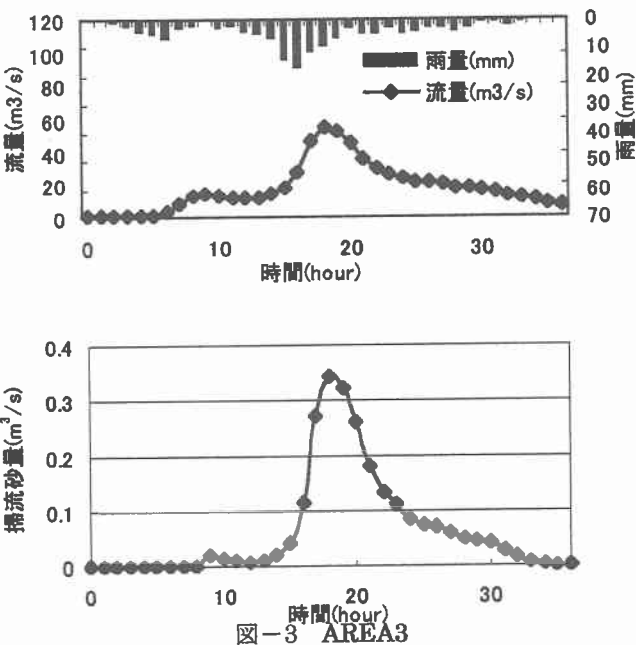


図-3 AREA3

表-1 AREA の特徴

	メッシュ数	ピーク流量 (時)	河道勾配
AREA1	48	105 (17 時)	0.073
AREA2	34	75 (18 時)	0.063
AREA3	27	55 (18 時)	0.035

表-1 は各 AREA での特徴をまとめたものである。表の河道勾配は各 AREA における 1km² の平均値である。流域面積が大きい AREA1 では幹川へ流下する雨量が多くなるので下流端での流量が増えていることがわかる。また AREA1 から AREA3 までのメッシュ数 (流域面積) の比は 1 : 0.69 : 0.55 でピーク流量の比は 1 : 0.71 : 0.52 でほぼ一致している。河道勾配の影響などもあるので一概には言えないが、今回の計算結果に関しては、流量は流域面積にほぼ比例している。

6、終わりに

徳田ら⁽²⁾の方法では従来河道モデルより川幅を算出し浮遊砂量を推定していたが、本研究ではレジーム則を用いてより簡単に川幅、粒径を算出し掃流砂量を推定した。しかし、河道の河床勾配を決定するとき場所によっては、逆勾配が生じるので流域を流れる全河川でフェアリング操作を行う必要がありこの計算のネックになっている。今回の計算では狭い流域で計算したので比較できるデータがなくこの方法の妥当性を今のところ論議できない。今後、対象流域を広くし他のデータと比較して計算の妥当性を追及していきたい。

参考文献

- 1) 財団法人北海道河川防災研究センター：石狩川流域ランドスケープ情報、1997
- 2) 徳田慎治：定山溪ダム流域におけるピンネシリレーダー雨量計をもちいた浮遊砂流出モデルの適用 土木学会北海道支部論文報告集第 57 号 p380-383
- 3) 高山茂美：河川地形、1974
- 4) 黒木幹男・新谷融：流域動態の認識とその方法、