

II-26

河道網を考慮した定山溪ダム流域における浮遊砂の推定

北海道大学工学部 ○学 生 員 徳田 慎治
 北海道大学大学院 フェロー会員 黒木 幹男
 北海道大学大学院 フェロー会員 板倉 忠興

1. はじめに

山地流域はさまざまな地形、地質、植生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が精度よく再現することができるならば、災害の予測、土砂動態の予測などが可能になり、河道の維持管理をおこなう上で非常に有効である。

本研究では水理学的な支配方程式をもとに山地斜面・急勾配の河道からなる流域内での雨水の流れを追跡し流量を算出する kinematic wave 法に国土数値情報の第3次メッシュデータからなる河道網を組み込み流域地形をモデル化し、各地点における流出量をすべて求められるようにした。さらに斜面から流出する浮遊砂を考え、その時間的濃度変化の推定もおこなった。

2. 定山溪ダム流域

本研究では定山溪ダム流域において解析を行なった。定山溪ダムは北海道札幌市に位置し、平成元年に治水、利水、発電などを目的とした重力式のコンクリートダムとして完成した。流域面積は104km²で、小樽内川、滝の沢川、木挽沢川、天狗沢川で4分されている。河道網図のパターンを確定する為に「石狩川流域ランドスケープ情報」¹⁾を利用し、国土数値情報の第3次メッシュに基づく河道網図を図-1に示す。メッシュ数は111個、1メッシュあたりの単位面積は、0.93km²、外部リンク数は43個である。尚、本研究では小樽内川についての解析をおこなっている。小樽内川の流域面積は68.9km²であり、解析対象メッシュは75個、外部リンク数は30個である。

3. 流出計算法²⁾

流出現象とは雨水の流れという面からみて山腹斜面で有効雨量の供給をうけ、河道部では山腹斜面からの流出水の供給を受けて雨水が流下していく現象と考えている。そこで流域を斜面上の流れと河道内の流れとに分ける。

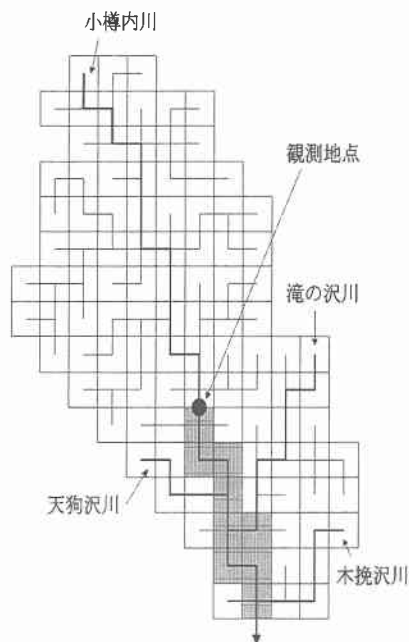


図-1 定山溪ダム

3-1. 斜面流

斜面上の流れに対する運動方程式、連続方程式はそれぞれ

$$h = Kq^p \quad \dots\dots(1)$$

h : 水深 q : 斜面単位幅流量
 K, p : 定数

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

t : 時間 x : 斜面上流端からの距離
 r : 有効降雨強度

である。ここで、マニング型の抵抗則を適用すると i : 斜面勾配、 n : 斜面粗度 としたとき $K = \left(\frac{n}{\sqrt{i}}\right)^{\frac{3}{5}}$ で $p=0.6$ とした。

3-2. 河道流

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

$$A = K'Q^{p'} \quad \dots\dots(3)$$

A : 河道の流水断面積
 Q : 流量 K', p' : 定数

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x'} = q(t) \quad \dots\dots(4)$$

x' : 河道上流端からの距離

である。ここで、マニング型の抵抗則を適用すると i' : 河道勾配、 n' : 河道粗度、 B : 川幅 としたとき $K' = B\left(\frac{n'}{B\sqrt{i'}}\right)^{\frac{3}{5}}$ で $p'=0.6$ とした。

3-3. 浮遊土砂量

吉川ら³⁾によると河川において従来浮遊砂として観測されているものはウォッシュロードも含まれていると示している。これを参考にしてウォッシュロードに浮遊砂を加えたものを本研究では浮遊砂とみなすことにする。経験的なことからある地点における浮遊砂濃度と流量との間には密接な相関があることが観測によってひろく認められている。ウォッシュロード成分についての河道の断面平均濃度 C と河道からの流量 Q には平均的にみて

$$C = \alpha Q^n \quad \dots\dots(5)$$

という関係が成り立つ。ここに、 n は 1.0 に近い値であることが認められており、 α の値は流域の土砂生産条件により、場所ごとに、また、時期的にも変化するものである。本研究では浮遊砂の発生はすべて斜面で発生していることとするので斜面流に適応させると (5) の式は以下のようにあらわされる。

$$Ca = \alpha q \quad \dots\dots(6)$$

Ca : 斜面単位幅当たりの浮遊砂濃度
 α : 定数 q : 斜面単位幅流量

また α についてであるが本研究では流域内すべてに一律の値をあたえる場合(7式)と「石狩川流域ランドスケープ情報」²⁾ 収録の各メッシュの崩壊地面積を考慮し各々のメッシュに値をあたえる場合(8式)との2つを考える。

$$\alpha = const. \quad \dots\dots(7)$$

$$\alpha = \beta H_m / A' \quad \dots\dots(8)$$

β : 定数
 H_m : 各メッシュの崩壊地面積
 A' : 各メッシュの流域面積

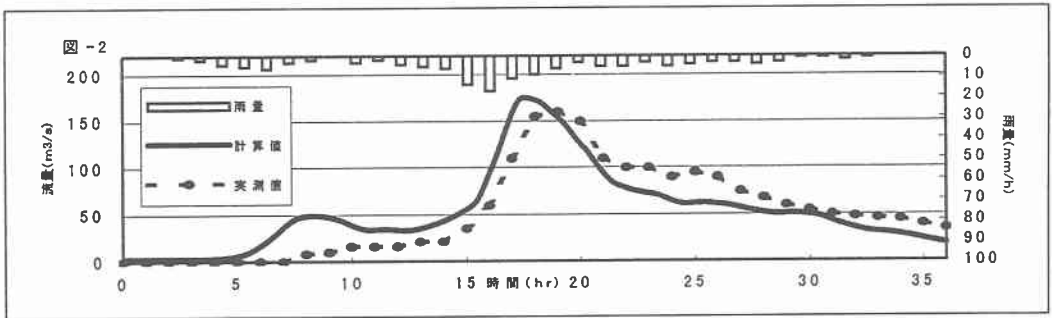
3-4. 計算条件

計算条件としてまず河道勾配 i' と川幅 B は黒木・山本らの提案する河道網モデル⁴⁾ より各メッシュについて求めたものを用いることにする。斜面勾配 i は「石狩川流域ランドスケープ情報」²⁾ 収録の各メッシュのデータを用い、斜面の粗度 n 、河道の粗度 n' はそれぞれ $n=1.0$ 、 $n'=0.05$ として条件をあたえた。(7式)、(8式)の α 、 β は $\alpha=0.19$ 、 $\beta=9.3$ をあたえてみた。以上から(3式)、(4式)を差分化し計算し、斜面流入の濃度 Ca を用い、河道の断面平均濃度 C を計算する。

4. 計算結果

4-1. 流出量計算結果

定山溪ダム流域の小樽内川における流出量について、実測降雨を用いて流出量計算をおこなった結果を図-2 に示す。実測データは図-1 に示した観測地点によるものであり、計算地点も河道網からもとまるほぼ同一の場所である。尚、降雨データに用いたのは平成 10 年 9 月 16 日の 0:00 から 9 月 17 日の 12:00 までのデータである。



4-2. 浮遊砂濃度の変化についての結果

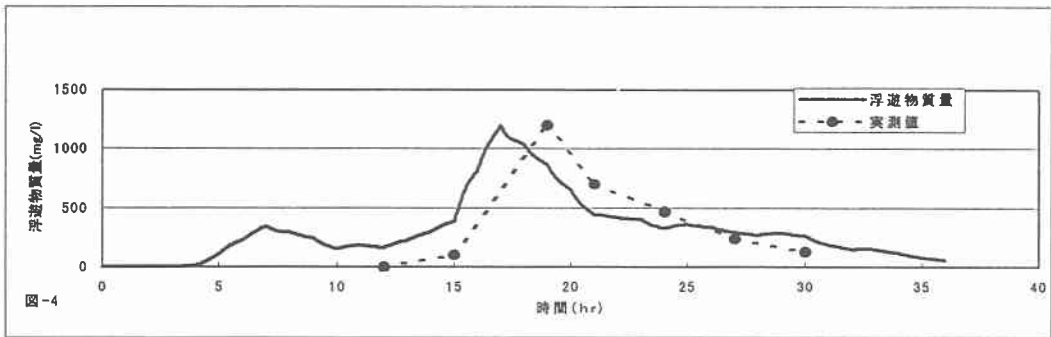
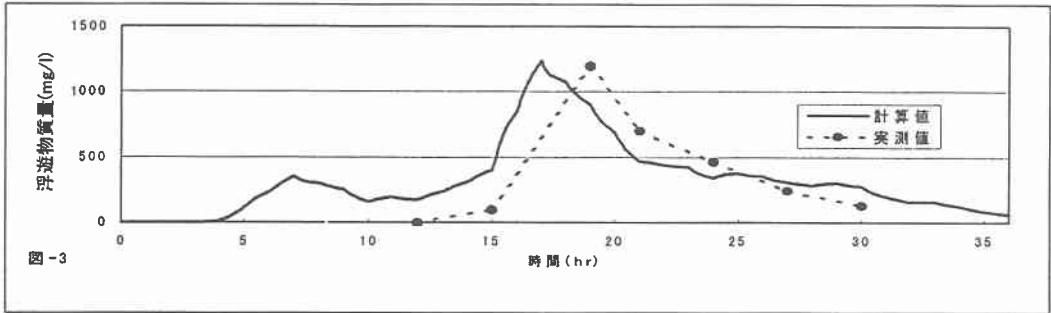
流出量の計算と同様に浮遊物質濃度の濃度についても計算を行なうが実測データの単位(mg/L)であるため(9式)を用い計算値を変換する。

$$ss = C \cdot \omega \cdot 1000^2 \quad \dots\dots(9)$$

ss : 浮遊物質質量(mg/L)

ω : 浮遊粒子の単位体積重量(2.65g/cm³)

(9)式を用い、計算を行なう。図-3は(7)式を用いた結果、図-4は(8)式を用いた結果である。



5. まとめ

小樽内流域において流出した浮遊砂は(7)式のモデルでは 1420m^3 であり、(8)式のモデルでは 1360m^3 であった。全崩壊地面積は $1,436,645\text{m}^2$ であるので崩壊地面積における見かけの深さが求まる。よって(7)式のモデルは 0.00099m であり(8)式のモデルは 0.00095m である。今回の計算において流量、浮遊物質量ともに実測値と計算値のピーク時間に差がみられた。このことに関して、モデル化にともない全てのメッシュにおいて粗度を一定にあたえていること、有効雨量を考えるとときに初期の土壌浸透などを考慮せずに全てにおいて一定値の流出係数を与えていること、などの影響が考えられる。また、今回用いた2つのモデルはともに流量に密接に関わっているため浮遊物質量に関してもピーク時間が実測値よりも早く現れている。

ところで、係数 α を求める際に、(7)式では ss の実測値から求めたのに対して、(8)式は各々の崩壊地面積から計算したものであったが、両者の浮遊砂濃度の時間的变化はごく類似した形状になった。このことから崩壊地面積がわかれば実測資料がないところでも各地点における浮遊砂濃度のおおよその時間的变化を求めることができると考えられる。

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) 広田隆司、徳田慎治、黒木幹男、板倉忠興：河道網を用いた流出モデル、土木学会支部論文報告集(投稿中)、2000
- 3) 吉川秀夫編著：流砂の水理学、丸善出版、1985
- 4) 吉澤良、山本徹、黒木幹男、板倉忠興：河道網モデルによる河道特性量の推定、土木学会支部論文報告集(投稿中)、2000