

II-42

河道網を用いた流出モデル

北海道大学 ○学生員 広田 隆司

北海道大学 学生員 徳田 慎治

北海道大学 フェロ-会員 黒木 幹男

北海道大学 フェロ-会員 板倉 忠興

1. はじめに

河川流域内における雨水の挙動は極めて複雑であるが、その運動を水理学的に究明して計算を進める手段として、kinematic wave 法がある。これは流出現象の中に内蔵する力学的な法則から出発して、その内部的な機構を究明した後に普遍性をもつ流出理論を組み立てようとするものである。この kinematic wave 法を用いて、模擬河道に当てはめ任意の位置における流量を求める事により、土砂量の推定を容易に行う事ができる。

本論分では流域を河道部と斜面部に分けてその性質を詳しく解析してみた。

2. 流出量の計算

流出現象は雨水の流れという面から見ると、面的特性をもつ山腹斜面では全面にわたって有効雨量の供給を受け、線的特性をもつ河道部では全線にわたって山腹斜面からの流出水の供給を受けながら雨水が流下していく現象と考える事ができる。ここでは供給の割合が面積的に一様であると仮定する。

a) 斜面部において

kinematic wave 法により、以下の運動方程式と連続式が与えられる。

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

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

が与えられる。

ここで、 h : 水深、 q : 単位幅流量、 t : 時間、 x : 距離、 r : 降雨強度、 f_p : 浸透能 (但しここでは浸透能は 0 として考える。)

K, p : 定数で マニング形の抵抗則が成立するとすると、

$$K = \left(\frac{n}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{5}} \quad p = \frac{3}{5}$$

となる。

また、 i : 斜面の勾配、 n : 斜面の粗度である。

b) 河道部において

斜面部と同様にして、以下の運動方程式と連続式が与えられる。

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

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(t) \quad (4)$$

ここで、 A : 断面積、 Q : 流量、 K', p' : 定数で Manning の抵抗則が成立するとすると、

The runoff model by the river network

By Takashi Hirota, Shinji Tokuda, Mikio Kuroki, Tadaoki Itakura.

$$K' = B \left(\frac{n'}{B\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{5}} \quad p' = \frac{3}{5}$$

と与えられる。ここで、 i :河道の勾配、 n' :河道の粗度、 B :川幅である。

3. 単位河道への適用

先に得られた式を用いて実際に1キロ四方のメッシュについて条件を色々変え、流量の変化の仕方を調査してみた。

a) 斜面の流出

まず、単位河道を100mごと10箇所に分け、そして端を含めた境界線11箇所の1つに河道をおくとする。そしてそれぞれの位置での単位幅当たりの斜面の流出量の変化をみてみた。ただしここでは、河道の両側での斜面の粗度は0.5、勾配は1/4で等しいものとする。さらに1時間10mmの降雨があったとし、初期流量は0とする。さらに河道の幅はないものと考え、河道の両側の斜面長の合計は1000mとする。

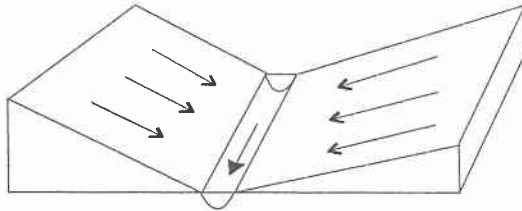


図-1 模式図

上で述べた11箇所の中で例として河道の位置が左から4番目、つまり河道の左斜面が300m、右斜面が700mの時の時間と流量の関係のグラフをあげてみる。

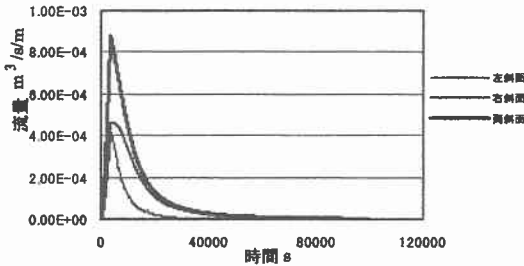


図-2 を見てみると、河道の左斜面からの流入量と、河道の右斜面からの流入量で2つのピークが河道の位置によって異なるので最大流量にそれぞれで違いが出てくるのが分かる。

図-2 ハイドログラフ

ここで上で述べた、それぞれ11箇所の位置とピーク時の流量の関係をプロットしてみると、図-3 のようになる。

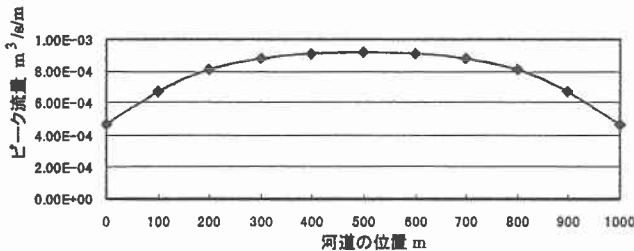


図-3 粗度のグラフ

図-3 を見てみるとピーク流量が最大の値をとるのは河道の位置が6番目の時、つまり中央にあるときに、中央に近くなるほど流出にかかる時間は早くなり、最大流量が増える。

さらに斜面の粗度、勾配をかえ、粗度とピーク流量の関係、勾配とピーク流量との関係をグラフにした。

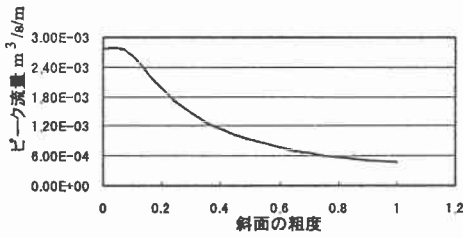


図-4 斜面の粗度とピーク流量

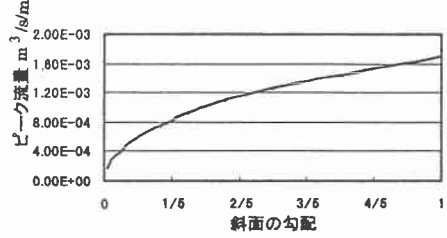


図-5 斜面の勾配とピーク流量

ここで、図-4 が粗度と流量、図-5 が勾配と流量の関係のグラフである。図-4 を見ると、粗度を大きくすると、徐々に流出していくのでピーク流量がだんだん小さくなっていくことが分かり。図-5 を見ると勾配を急にするとピークの流量が大きくなることが分かる。

b) 河道での流出

メッシュの中心に河道を置き、河道の粗度、勾配を一定の値にした。ここでは、流量の変化をみるには1000m なら変化が小さく分かりにくいので河道長を10000m として調査した。

ここで、それぞれ3000m、5000m、7000m、10000m の位置での流量のピーク時の時間のずれを調べグラフにした。

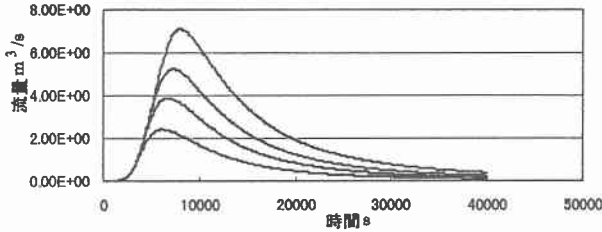


図-6 でピーク流量の小さいものから3000m、5000m、7000m、10000m の時の時間と流量のグラフである。さらに斜面の勾配は1/4、粗度は0.5、河道の勾配は1/100、粗度は0.03 とした。

図-6 ハイドログラフ

ここで、図-6 では分かるように、ピークがくる時間は3000m、5000m、7000m、10000m、の位置で徐々に遅れていることが分かる。

また河道についても、斜面部と同様に粗度と勾配によってピークが時間によってどう変化するか、その特徴を調べ、グラフにしてみた。但しここでは河道長は1000m とした。

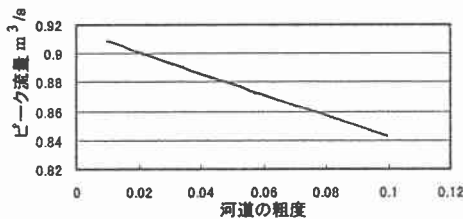


図-7 河道の粗度とピーク流量

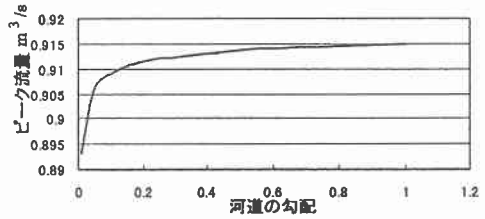


図-8 河道の勾配とピーク流量

図-7は粗度と流量、図-8は勾配と流量のグラフである。図-7、図-8を見ても分かるが斜面の時と同様に粗度を大きくすると、ピーク流量は小さくなるし、斜面の勾配を大きくするとピーク流量は大きくなる。

4. 河道網を用いた任意の位置での流量

流域は多くの長方形の山腹斜面とその中を流れ、それらを互いに結合させた河道網とからなる模式的なものに変換される。

ここで黒木、山本らによって提案された河道網理論により得られた川幅と河床勾配を用いて、各メッシュごとのハイドログラフを求める。さらにそれらを河道網に組み込むことによって任意の位置におけるハイドログラフを求めることができる。さらに浮遊砂量の推定も行うことができる。但しここでは流量のみを述べることとする。

河道の一部として下図のような合流地点を例として計算の仕方を述べる。

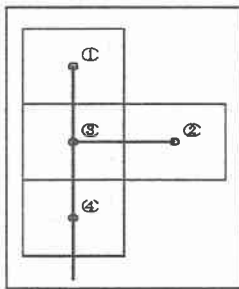


図-8 合流地点

①の下流端でのハイドログラフと②の下流端でのハイドログラフを求め、2つのハイドログラフを合わせる。先の3で述べた計算方法で③での横流入を求め、それを加え合わせたものが④への流入量になる。さらにそれに④での横流入を加え合わせると④の下流端でのハイドログラフを求めることができる。

上で述べた考え方を基本として流域における任意の位置においてのハイドログラフを求めることができ、さらには浮遊砂量の推定も行うことができる。

5. 終わりに

これまで、黒木、山本らによって提案された河道網モデルでは河床勾配と下流端の平均年最大流量を与えると、任意のメッシュでの流量、掃流砂量を推定することができた。だがこのモデルでは浮遊砂については考慮していません、さらには時間を全く考慮していません。

そこで本研究では、河道網モデルに更に時間を考慮し、任意のメッシュでの流量の時間的変化を研究した。今後の課題として更に浮遊砂も含めたモデルを考えていきたい。

参考文献

- (1) 高瀬信忠 : 森北出版株式会社、河川水文学
- (2) 北海道河川防災研究センター : 研究取組要
- (3) 土木学会北海道支部 : 論文報告集 平成 8,9 年度
- (4) 第 52 回年次学術講演概要集 第 2 部