

流域の浮遊砂流出モデルの構築に関する基礎的研究

北海道大学 学 生 員 広田 隆司

北海道大学 フェロー 黒木 幹男

北海道大学 フェロー 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。この kinematic wave 法を河道に適用し、任意の位置における流量を求めることは、流出土砂量推定の際に必要である。本論文では、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た。

2. 流出量の計算

斜面部と河道部において、kinematic wave 法により以下の運動方程式と連続式がそれぞれ与えられる。

$$h = Kq^p \quad (1) \quad A = K'Q^{p'} \quad (3)$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r - f_p \quad (2) \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q(t) \quad (4)$$

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。） A 断面積、 Q 流量、 K 、 p 、 K' 、 p' 定数で、マニング形の抵抗則が成立するとすると、

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

となる。また、 i : 斜面の勾配、 n : 斜面の粗度、 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

先に与えた式を用いて、実際に 1 km 四方のメッシュについて流量の変化を計算した。但しここでは 1 メッシュ内に 1 本の河道が直線に流れているものとおいた。

a) 斜面からの流出

まず、1 メッシュの中で河道位置をずらしてそれぞれの位置における単位幅当たりの斜面からの流出量の変化を調べた。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 10mm/h の降雨を与え、初期流量は 0 とする。また河道の幅は 0 と考え、河道の両側の斜面長の合計は 1000m とする。

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示す。

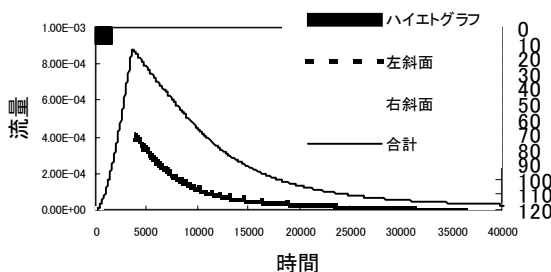


図 - 1 斜面流出のハイドログラフ

図 - 1 をてみると、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ことが分かる。

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すると図 - 2 のようになる。さらに斜面の粗度、勾配を変え、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ものが図 - 3、図 - 4 になる。

キーワード 河道網

連絡先 札幌市北区北 8 条西 5 丁目 北海道大学 工学部 河川・水資源講座

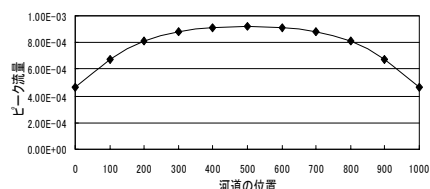


図 - 2 ピーク流量のグラフ

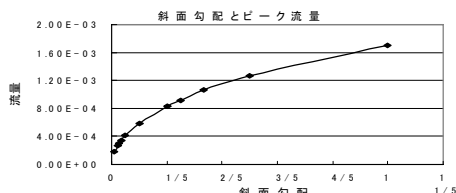


図 - 3 斜面の勾配とピーク流量

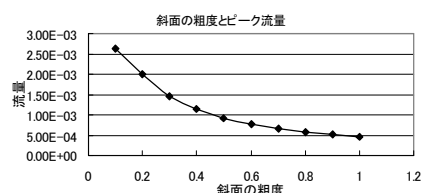


図 - 4 斜面の粗度とピーク流量

図 - 2 を見るとピーク流量が最大の値をとるのは河道の位置が中央にあるときで、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。図 - 3 より、粗度を大きくすると、ピーク流量が小さくなっていくことが分かり、また図 - 4 より勾配が急になるとピークの流量が大きくなることがわかる。

b) 河道の流出

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を調べプロットした。但しここでは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。河道長は 1000m とした。

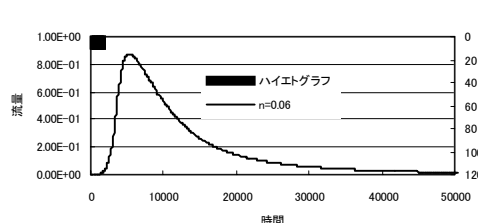


図 - 5 河道の粗度とピーク流量

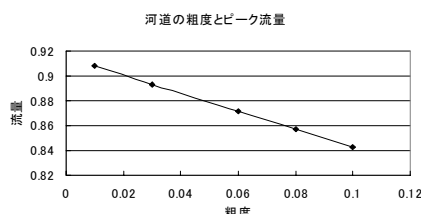


図 - 6 河道の粗度とピーク流量

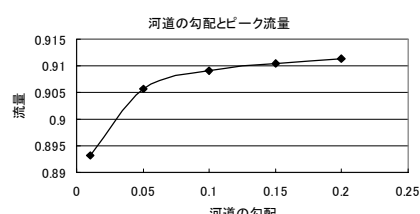


図 - 7 河道の勾配とピーク流量

図 - 5 は河道の粗度が 0.06 の時のハイドログラフを例として示した。さらに図 - 6 は粗度と流量、図 - 7 は勾配と流量の関係を示したグラフである。図 - 6 および図 - 7 を見ると、斜面の場合と同様に粗度を大きくすると、ピーク流量は小さくなり、斜面の勾配を大きくするとピーク流量は大きくなることがわかる。ここではメッシュの中心に河道を置き、斜面の粗度、勾配を一定の値とおいた。

ここで、さらに河道長によって流量が時間と共にどう変化するかをみるため 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。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。

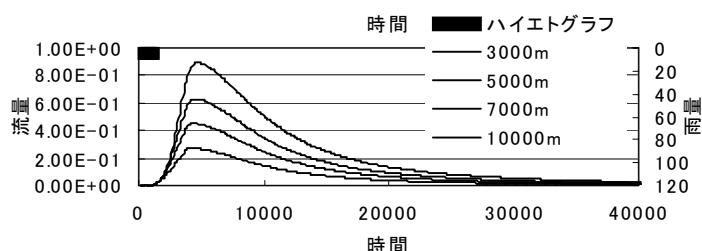


図 - 8 ハイドログラフ

ここで、図 - 8 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った。

5. おわりに

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浮遊砂については考慮しておらず、さらには時間の経過を全く考慮していなかった。また、1 メッシュにつき河道が 1 本のみあるという仮定を用いており、河道の位置の違いなどは考慮されていなかった。そこで本研究では河道網モデルに適用していく為、その基礎的な部分を研究してみた。ここで研究した理論は徳田ら 3) が実際の流域に適用した。

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) 徳田慎治：河道網を用いた浮遊砂流出モデル

図 - 8 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。