

湿原を有する流域への土砂流出モデルの適用

Application of sediment run-off model to the basin contained wet land

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 福島 広志 (Hiroshi Fukushima)
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

湿原は水と物質の緩衝帯として森と海とを結ぶ役割をもち、高い生産性からも重要性が認識されている。一方、周辺域の開発は湿原域を巡る水・物質環境のバランスを崩し、その環境を破壊している。以上の事から湿原を有する流域での土砂流出モデルの開発というのは重要な課題であると考えられる。

これまで徳田ら¹⁾や斉藤²⁾によって、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を用いて、降雨に対する山地河川流域での流出モデルの開発が進められてきたが、今回はその流出モデルを湿原を有する流域に適用してその問題点を指摘する事とする。

2. モデル流域

対象モデルとして北海道厚岸郡厚岸町に存在する別寒辺牛湿原を流れる別寒辺牛川水系の流域で解析を行った。この流域では上流部に自衛隊の矢臼別演習場があり、演習場で頻繁に繰り返されている自衛隊等による演習により荒廃地を増大させ土砂生産源となっている。また流域の中・下流域には湿原を有している。流域面積は738.8 km²、河道網図のメッシュ数は743個、1メッシュあたり0.994 km²である。

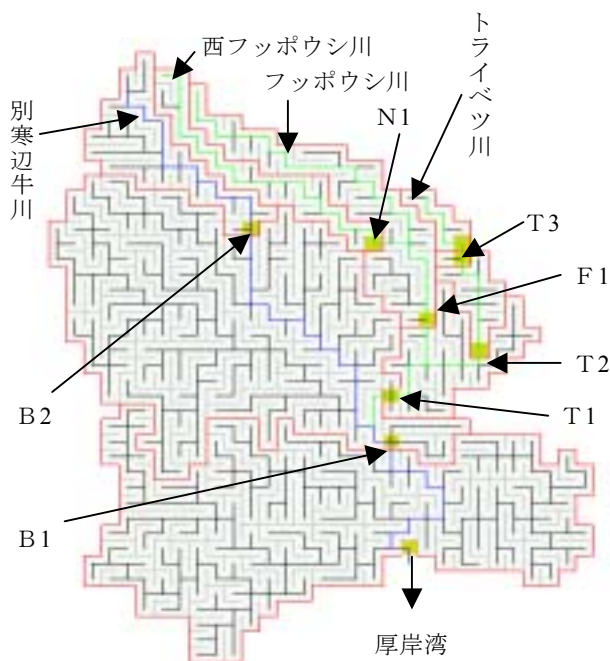


図-1 別寒辺牛川水系の流域の河道網図

また、図中のN1, F1, T1, T2, T3, B1, B2は河道幅、流量、濁度の調査地点を表わしている。

3. 雨水流出の基礎式

雨水の流出の計算にKinematic wave法を採用した。

斜面上、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)～(4)式で表される。

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

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距離、 r : 有効雨量強度。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

$$k = \left(\frac{n}{\sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{5}} \quad \text{で } p=0.6 \text{ となる。}$$

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

A : 河道の流水断面積、 q_{side} : 斜面単位幅当たりの河道への流入量、 k', p' : 定数、 x' : 河道上流端からの河道距離。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、断面を広幅矩形断面としたとき、

$$k' = B \left(\frac{n'}{B\sqrt{i'}} \right)^{\frac{3}{5}} \quad \text{で } p=0.6 \text{ となる。}$$

4. 計算条件

4.1 河床勾配について

各3次メッシュの最低標高を河床高と想定し、各リンクの最低標高を結ぶと河床縦断形を描く事が出来るが、描いた縦断形は一般にがたがたしておりそのままでは計算に利用する事出来ないの、ここでは黒木らによる河道安定縦断形の解析³⁾でよい適合性を示した指数型の縦断形をあてはめる事により勾配を求めた。

4.2 河道幅について

図-2は調査地点N1, F1, T1, T2, T3, B1, B2における流域面積と河道幅との関係をプロットしたものである。

この関係図より導いたこの流域における流域面積と河道幅の関係式((5)式)を用いて各メッシュでの河道幅を算出した。

$$B = 2.7203A^{0.2597} \quad \dots (5)$$

4.3 粗度係数について

河床の粗度係数は計算の簡略化のため、すべてのメッシュで 0.03 とした。また斜面の粗度係数は各メッシュで一定として等価粗度を 1、2、・・・と変化させながら比較検討した。

4.4 雨量観測データについて

雨量データは別寒辺牛川水系の流域内にある標茶、茶内原野、太田観測所の 3 箇所の観測データおよび N1、B1 での観測データをティーセン分割して流域平均雨量を求めて流域全体に適用した。

4.5 流出率について

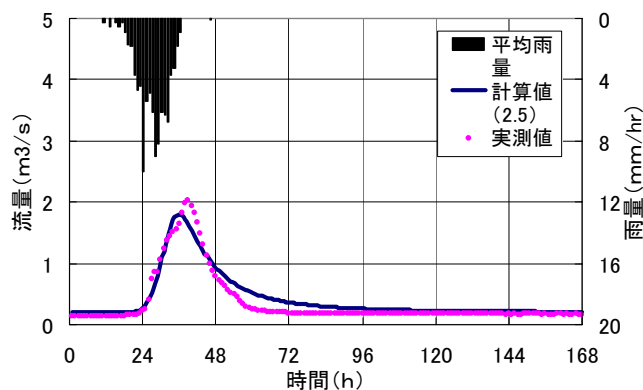
表－1 は各観測地点までの流域での、5 月、6 月、7 月の降雨に対する流出率を求めたものである。この表に記載してある流出率を各流域に適用させて計算を行った。

表－1 各観測地点の流域における流出率

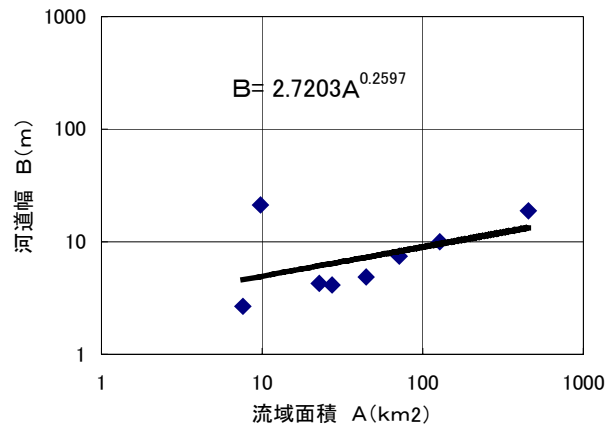
	N1	F1	T1	総降水量
流域面積	27.3km ²	71.4km ²	128.1km ²	
5月7.8日	0.19	0.28	0.30	27.8
6月20,21日	0.18	0.33	0.34	91.4
7月10-15日	0.20	0.39	0.32	88.2
流出率	0.20	0.33	0.32	
	T2	T3	B2	B1
流域面積	22.6km ²	7.6km ²	44.4km ²	453.4km ²
5月7.8日	0.20	0.10	0.12	0.29
6月20,21日	0.36	0.13	0.12	0.32
7月10-15日	0.31	0.14	0.22	0.38
流出率	0.29	0.12	0.15	0.3

5. 水の流出計算結果の考察

観測地点 T3、N1、B2、B1 での 6 月 20 日、21 日および 7 月 10 日～13 日の降雨に対する流出結果を図－3 から図－10 に示す。いずれのグラフも各観測地点の実測値と計算値とを比較したものであり、実測値と整合性の良かった斜面の粗度係数を 2.5 とした時の結果である。



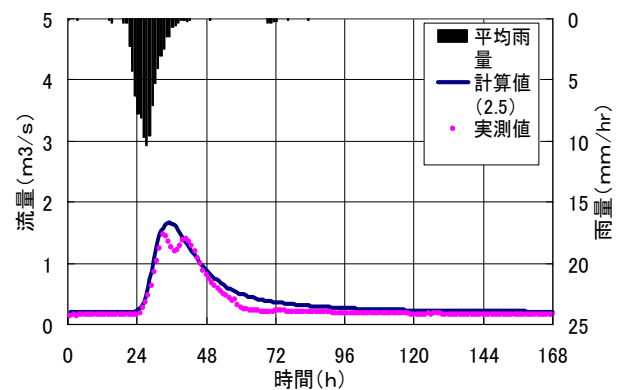
図－3 観測地点 T3 (6 月 20,21 日)



図－2 流域面積と河道幅の関係

観測地点 T3、N1、B2 は流域内において比較的上流に位置しているが、6 月の降雨に関しては観測地点 T3、B2 ではピーク時刻、ピーク流量ともに計算結果が実測値とほぼ一致している。N1 に関してはピーク時刻は計算結果と実測値がほぼ一致しているが、ピーク流量に多少のずれが生じている。また 7 月の降雨に関しても観測地点 T3、B2 ではピーク時刻、ピーク流量が実測値とほぼ一致している。ただし観測地点 B2 に関しては減水の仕方が計算値と実測値とでずれが生じており、観測地点 N1 についても同様の事がいえる。これは 7 月の降雨の方が 6 月の降雨に比べて短時間にまとまった強い雨が降っているため、別寒辺牛川および西フッポウシ川の両岸に少し存在する湿原による滞留効果が流出現象に多少影響を与えていると考えられる。

また観測地点の中で最下流に位置する観測地点 B1 ではピーク時間、ピーク流量ともに実測値と計算値とが大きくずれるという結果になった。ここには示していないが、観測地点 T1、T2、F1 においても同様の結果が得られた。これは先ほど述べた様に、流域の中・下流に存在する湿原の滞留効果が流出現象に大きな影響を与えていると考えられる。よって上流部には従来の流出モデルを適用できるが、下流部については従来の流出モデルは適用できず、新たに湿原の滞留効果を考慮する必要があると考えられる。



図－7 観測地点 T3 (7 月 10 日～13 日)

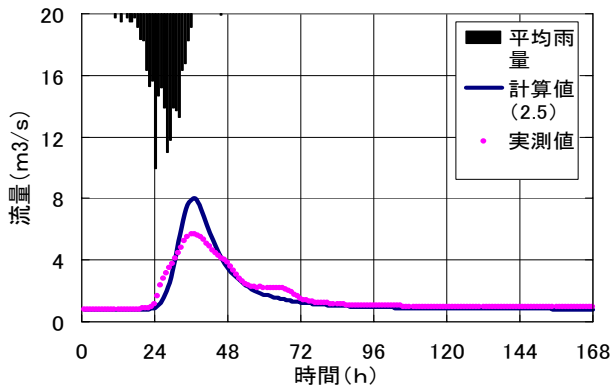


図-4 観測地点N1 (6月20,21日)

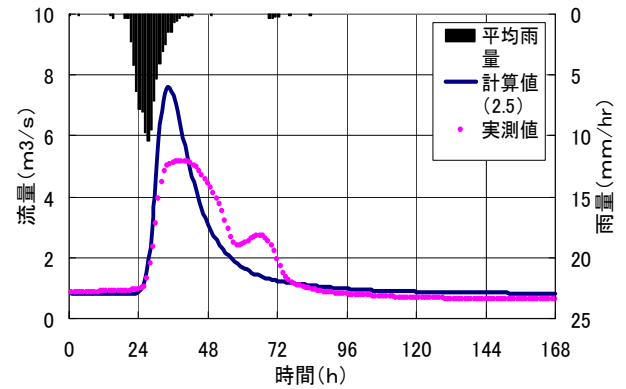


図-8 観測地点N1 (7月10-13日)

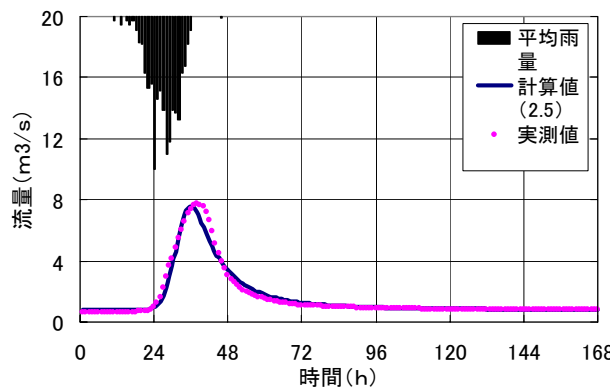


図-5 観測地点B2 (6月20,21日)

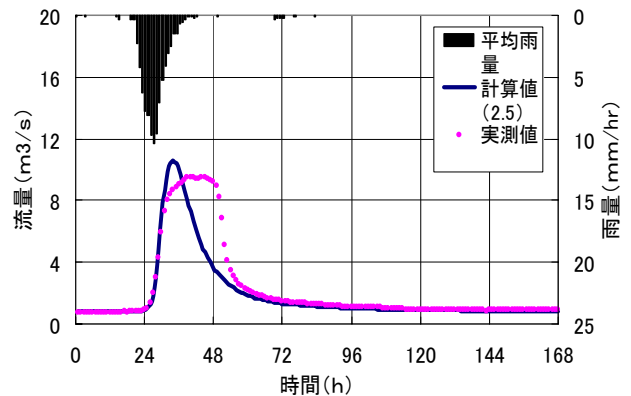


図-9 観測地点B2 (7月10-13日)

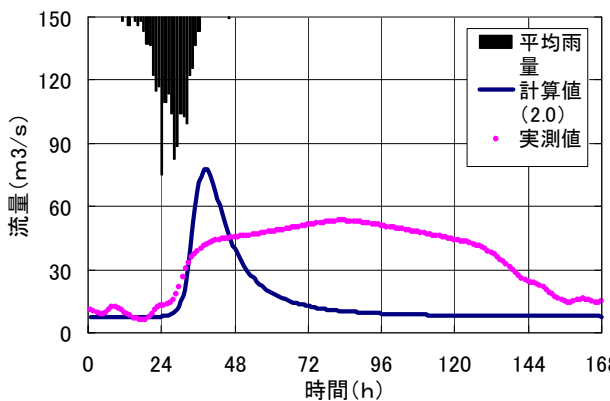


図-6 観測地点B1(6月20,21日)

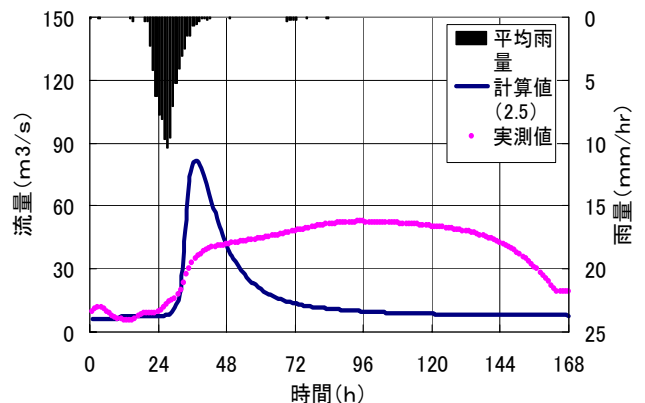


図-10 観測地点B1 (7月10-13日)

6. 浮遊土砂量

6.1 浮遊土砂の生産過程

発生する土砂は斜面からのみ生産され、河道内では発生せず、かつ堆積しないとする。いわゆるウォッシュロードとして挙動する。各ユニットの斜面からの浮遊砂濃度の式は

$$C_a = \beta q_{side} \quad \dots (6)$$

で与える。ここで、 C_a ：斜面における単位幅当たりの浮遊砂濃度、 β ：定数、定数 β については一降雨中に観測された浮遊砂量と計算結果が適合するように定め、流域内では一定とした。

また河道における浮遊砂濃度は(7)式を仮定し算出した。この式から各々の地点の単位河道から流出する浮遊砂の濃度 C_d が求まる。

$$C_u Q_u + C_a q_{side} L = C_d Q_d \quad \dots (7)$$

ここで、 C_u ：単位河道の上流端における浮遊砂濃度、 Q_u ：単位河道の上流端における流量、 L ：河道長、 C_d ：単位河道の下流端における浮遊砂濃度、 Q_d ：単位河道の下流端における流量である。

6.2 S S成分量と濁度との関係

図-11は観測地点T3、N1、B2における濁度とSS成分量（ウォッシュロード+浮遊砂量）の観測結果を利

用して、濁度とSS成分量との相互変化関係を示したもので、この図より濁度とSS成分量の相互関係を示す相関式を求める事ができる。濁度は連続観測されているので、時間経過に伴う濁度の変化から一定時間内に流出したSS成分量を算定する事が可能になる。各観測地点でのSS成分量のデータが数少なかったため、各観測地点での濁度のデータから求めたSS成分量を実測値と仮定し、計算で求めたSS成分量と比較した。

6.3 浮遊土砂の計算結果の考察

ここでは水の流出現象が比較的精度良く再現できた観測地点T3、N1、B2で浮遊土砂の計算を行った。観測地点B2で $\beta = 0.13$ とした時の結果を図-12、図-13に示す。これを見るとピーク時において計算値と実測値の整合性が良かったので、観測地点T3、N1についても $\beta = 0.13$ として計算を行った。その結果が図-14、図-15である。図-14を見ると計算値と実測値が大きくずれた結果になった。これはトライベツ川の上流部が矢臼別演習場内でも非常に荒廃地となっている場所であり非常に土砂の出やすい環境にある為、実測値が計算値よりも大きくなっていると考えられる。また図-15を見ると観測地点N1に関しては水の流出ではピーク時間にずれはなかったのに土砂流出ではピーク時間にずれが生じているが、この原因はよく分かってない。

7. おわりに

本研究では従来の土砂流出モデルを流域内に湿原を有する別寒辺牛川水系の流域に適用して問題点を探った。その結果水の流出現象に関しては、流域の上流域においては従来のモデルが適用できたが、湿原を多く含む下流域に関してはモデルの改良が必要である。

土砂流出現象に関しては、流域内の植生・土地利用状況を把握する必要がある。また、濁度とSS成分量との相関関係に関してもより多くデータを積み重ねて検討する必要があると考えられる。

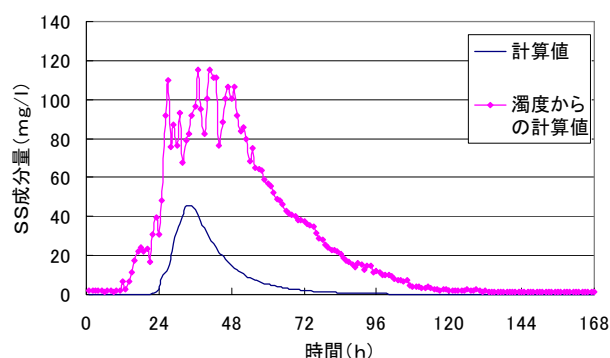


図-14 観測地点T3 (6月20,21日)

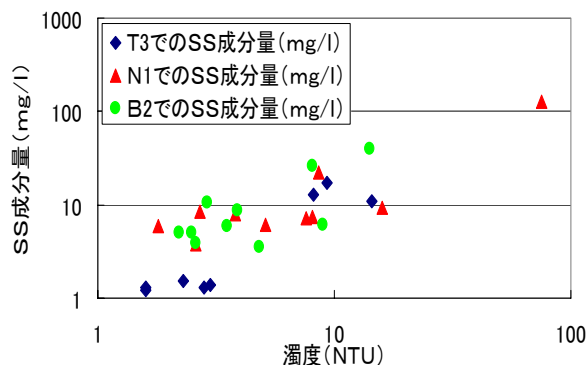


図-11 濁度とSS成分量との相互変化関係

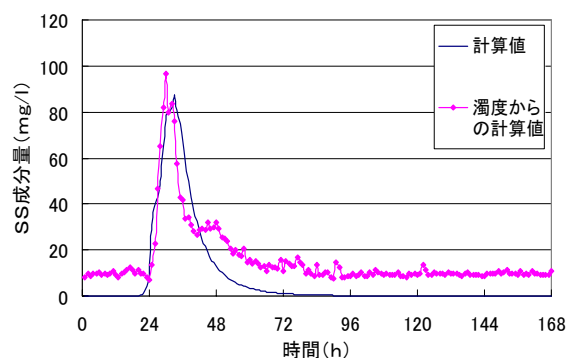


図-12 観測地点B2 (6月20,21日)

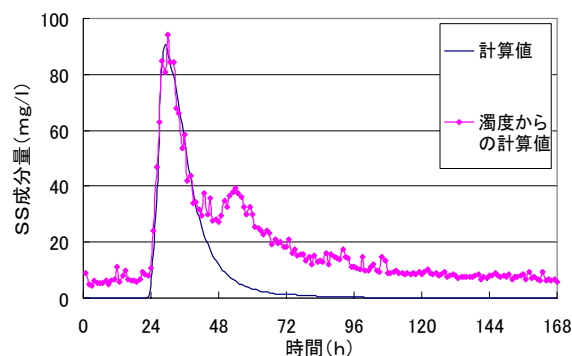


図-13 観測地点B2 (7月10-13日)

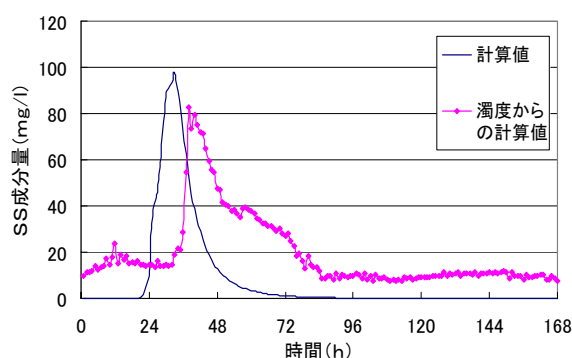


図-15 観測地点N1 (6月20,21日)

参考文献

1) 徳田慎治・黒木幹男・板倉忠興：河道網を用いた浮遊砂流出モデルの構築とその適用、水工学論文集、第45巻 pp793-798、2001

2) 斎藤英俊：山地河川流域での流出モデルに関する研究、平成15年度北海道大学大学院修士論文
3) 黒木幹男・板倉忠興：安定河道縦断形に関する研究、水工学論文集、第39巻 pp641-646、1995