

II - 27

山地からの濁質流出と土地利用条件の関係

東北大学工学部 学生員○中田勇一

東北大学大学院 学生員 張 旭紅

東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. 序論

降雨による濁質発生は、表面流出による地表面侵食、河道における河床洗掘が主因として挙げられる。前者では、農耕地、野草地、裸地、住宅地、森林の別や土地利用の影響を考慮する必要がある。ここでは、濁質流出量を、剪断力と土地利用条件の関数として定義できるかについて検討する。

2. 流域状況

対象とするのは、北上川上流域のうち、奥羽山系の松川（流域面積 200.4 km^2 ）、赤川（流域面積 221.5 km^2 ）を含む、 421.9 km^2 の流域である。この流域は森林地帯が多く、山地斜面が大部分を占めている。土地利用の様子は、表-1のようになっている。

濁度の実測値は、1986年7月12日から14日（洪水時）に測定されたものを使用し、降雨量も同期間に観測されたものを使用する。観測地点は、図-1に示す。

3. 流出解析

降雨強度が大きく、表面流出が卓越している洪水時の流出を対象とするので、Kinematic Wave法を用いることにする。

対象流域を小流域（単位流域）に分割し、それぞれを一様勾配、一様粗度の矩形でモデル化する。(1)式に特性曲線法を用いて、斜面からの流出量 $q \text{ (m}^3/\text{s)}$ を計算する。 $r_1 \text{ (m/s)}$ は有効降雨強度、 $h \text{ (m)}$ は斜面水深、 k 、 p は定数である。

$$q = k h^p, \quad \partial h / \partial t + \partial q / \partial x = r_1 \quad \cdots (1)$$

この流出量を、河道への流入量として与え、(2)式により河道端流量 $Q \text{ (m}^3/\text{s)}$ を計算する。 $A \text{ (m}^2)$ は河道断面積、 K 、 P は定数である。

$$Q = K A^P, \quad \partial A / \partial t + \partial Q / \partial x = q \quad \cdots (2)$$

このようにして、松川、赤川の上流端から合流後の古川まで、単位流域毎に計算を行った。古川地点での流量実測値と計算値を比較し、妥当な値となるまで粗度を調整した。その結果の斜面粗度 n_s 、河道粗度 n_r を表-2に示す。濁質量計算に用いる流量は、この計算流量に基底流出流量を加えたものとする。

4. 濁度計算

斜面での洗掘率（単位時間単位面積当りの濁質流出量） $q_s \text{ (g/m}^2\text{s)}$ は、剪断力 τ の関数として(3)式のように与えられるとする。 I は斜面勾配、 w_s は水の単位体積重量である。

$$q_s = a \tau^n = a (w_s h I)^n \quad \cdots (3)$$

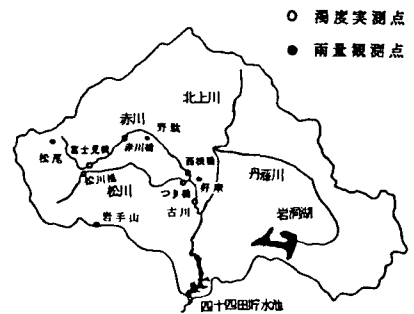


図-1 流域及び濁度、雨量観測点

表-1 土地利用区分別面積比 (%)

	森 林	荒 地	田 畑
富士見橋 上流域	46.1	49.2	4.8
赤川橋 上流域	62.7	19.7	17.6
西根橋 上流域	60.1	4.2	35.7
松川橋 上流域	95.3	4.2	0.5
つり橋 上流域	71.2	7.5	21.3
古川 上流域	64.4	5.5	30.0

次に、土地利用状況から、定数 a , n を仮定する。ここでは、森林、荒地、田畑の3種に分類した。住宅地については、面積比が小さく、また、侵食されにくいと考えられるので、分類上森林にいった。

(4)式により斜面からの濁質流出量 Q_s (g/s) を計算し、河道への濁質流入量とする。 u (m/s) は流速で、 q/h として計算される。

$$\partial Q_s / \partial t + u \cdot \partial Q_s / \partial x = u \cdot q_s \cdots (4)$$

斜面に比べ、河道では侵食と沈降は無視できるものとする。この仮定は赤川のような場合、流出初期には不適当であることに注意しておく必要がある。下記の(5)式を用い、濁質流出量 Q_s より、濁度 C を計算し、6つの実測点における、実測濁度と比較を行い、 a , n 値を決定した。(図-2, 3, 4 ここでは3地点を掲載した。) $\beta = 1/2.6$ は濁度と SS の相関係数であり、実測濁度と実測 SS より求めた。

$$C = \beta \cdot SS, SS = Q_s / Q \cdots (5)$$

試行計算の結果を見ると、 n 値を大きくすると、濁度減衰部が急減する形になっていく。また、 a の値は、最大濁度の値の大きさを左右することがわかった。富士見橋上流域は比較的荒地が多く、松川橋上流域は森林が多い。こうした土地利用条件の差は濁質発生に大きく寄与すると考えられる。したがって、 a , n 値を調整するにあたり、こうした部分流域毎の土地利用条件に着目し、そこに支配的な利用状態の係数を主に変化させるという方法を採用した。

5. 考察

表-2に示すように、 a , n 値は大きい方から荒地、田畑、森林となっている。荒地では濁質生産が大きいこと

がわかる。田畑の値がそれほど大きくないのは分布が局所的であり、全体への寄与がそれほど大きくないためと考えられる。富士見橋観測値には2つの濁度のピークがある。第1のピークはここで無視した河床堆積物の洗掘によるもので、この影響は合流後の古川においても現れている。今後、この点について考える必要がある。濁度の値が下流ほど小さいのは、河川の希釈作用による。

濁度ピーク値の大きさは計算でほぼ再現されたものの、その時間波形には、大きな差がみられる。これらの点に関し、今後精度を高める必要がある。

参考文献

- 1) 田村・首藤：北上川上流域における流出と濁質発生量の解析，第31回水講演文集，pp. 179-184, 1987.
- 2) 張・首藤：貯水池に流入，流出する濁質の挙動，第32回水講演文集，pp. 245-250, 1988.

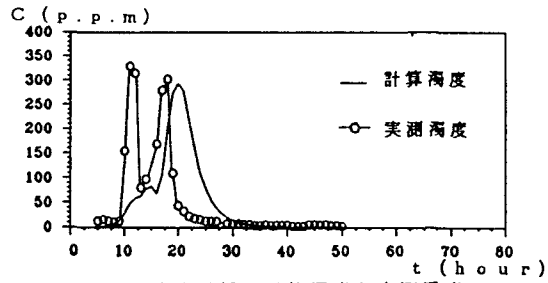


図-2 富士見橋の計算濁度と実測濁度

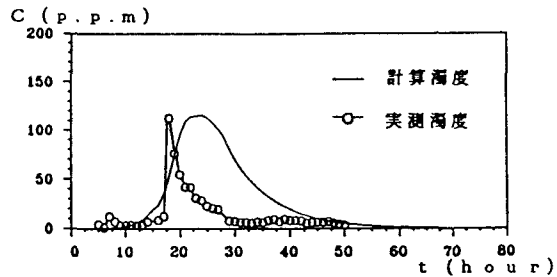


図-3 松川橋の計算濁度と実測濁度

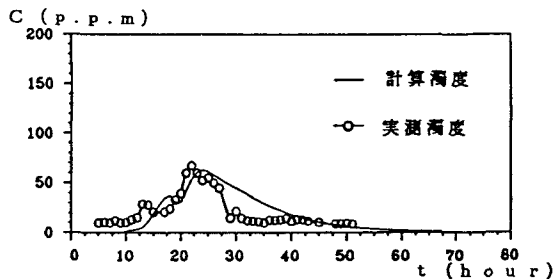


図-4 古川の計算濁度と実測濁度

表-2 濁質計算の係数 (n_s : 斜面粗度, n_r : 河道粗度)

	a	n	n_s	n_r
森林	0.45×10^{-12}	3.50	0.28	0.04
荒地	0.25×10^{-9}	3.55	0.28	0.04
田畑	0.10×10^{-10}	3.52	0.28	0.04