

II - 251

山地流域の土砂流出予測に関する研究

京都大学防災研究所 正員 里深 好文
 京都大学防災研究所 正員 高橋 保
 京都大学防災研究所 正員 沢田 豊明

1. はじめに 山地流域からの土砂流出を予測することは、河道の維持・管理を行う上で重要な課題の一つとなっている。しかしながら、山地流域における土砂の生産・流出は、多くの構成要素が複雑に影響しあうシステムであるため、これまで比較的マクロな方法に頼らざるを得ないところがあった。また、山地流域では、斜面の勾配や植生といった条件が変化に富んでいるため、流域のモデル化に際して多量の情報を処理する必要があったことも、マクロな方法に偏る原因であった。しかし、近年、計算機の能力が急激に向上し、かつ、地理情報を効率的に処理できるツールが開発されているため、山地流域からの土砂の流出に関して、もう少し詳細な検討が可能であると考えられる。

本研究では、対象となる流域が複数の斜面部とそれに接続する河道網で構成されていると考えられる場合に、降雨の条件を与えた時、流域下流端における流出土砂量をより詳細に予測することを目的としている。そこで、その第一段階として、斜面部と河道部からなる仮想的な流域からの土砂流出過程に関して、数値シミュレーションを行っている。

2. モデルの概要 本研究では土砂の生産・流出のシステムの内、図-1に示すような部分に着目し、次のようなモデル化を行っている。まず、図-2に示すように流域を河道部と斜面部とに分割する。斜面部は斜面長・等価粗度・斜面勾配が一樣とみなせる程度に分割し、流出流量はkinematic wave法により計算する。河道部は、斜面部から流水と土砂の供給を受け河床変動するものとし、その計算には一次元の河床変動モデルを用いている。ただし、合流部の計算に際しては、主流側の計算時に支流の流量を横流入として与えている。河道の断面形は図-3に示すようにモデル化する。堆砂域の幅を B_0 、水みちの幅を B_w とし、水みちは堆砂域全体を変動するものとする。斜面からの雨水の流入は、斜面部で計算された流量がそのまま水みちに入力する。斜面部からの土砂は堆砂域に一時供給されるものとし、直接水みち内には流入させていない。水みちには側岸侵食に伴い堆砂域から土砂が供給されと考えている。なお、今回は簡単のため、斜面から堆砂域への土砂の流入量は0としている。

3. 基礎方程式 流水の連続式と運動方程式はそれぞれ次のように表される。

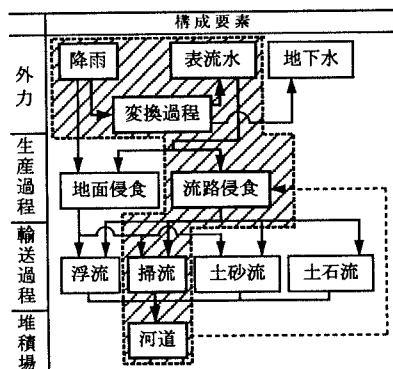


図-1

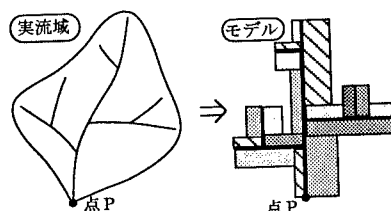


図-2

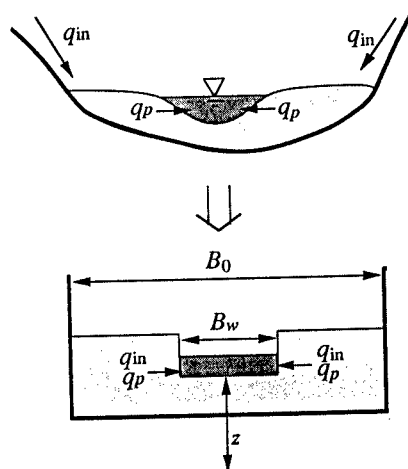
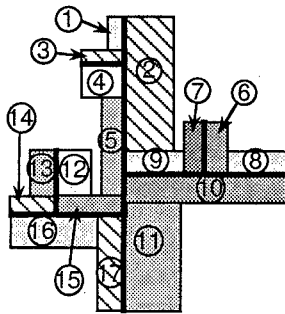


図-3



No	等価 粗度	斜面 長(m)	勾配 (%)	No	等価 粗度	斜面 長(m)	勾配 (%)
1	1.0	50	20	10	1.0	200	30
2	1.0	100	20	11	1.0	200	20
3	2.0	50	30	12	2.0	100	30
4	2.0	150	30	13	2.0	50	30
5	1.0	200	20	14	1.0	50	20
6	1.0	100	20	15	1.0	100	20
7	1.0	100	20	16	1.0	100	20
8	2.0	100	30	17	1.0	100	20
9	1.0	100	30				

図-4

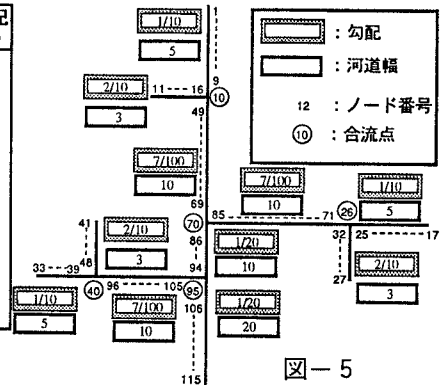


図-5

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{1}{B_w} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{q_{in}}{B_w} = 0 \quad \dots (1) \quad \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho h} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\epsilon \frac{\partial u}{\partial x} \right) - \frac{u q_{in}}{B_w h} \quad \dots (2)$$

ここに、 h ：水深、 Q ：流量、 q_{in} ：横流入量、 u ：流速、 P ：水圧、 τ ：河床せん断力、 ρ ：水の単位体積重量である。圧力は静水圧近似、 τ はマニング則で与えている。

河床の連続式は次のように表される。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{1}{B_0} \left\{ \frac{\partial q_B B_w}{\partial x} - q_p \right\} = 0 \quad \dots (3)$$

ここに、 z ：河床位、 λ ：空隙率、 q_B ：単位幅掃流砂量、 q_p ：側方からの土砂の供給量である。 q_B の計算には芦田・道上の式を用い、 q_p は側岸侵食量に関する芦田らの研究¹⁾より、

$$q_p = F_{0*} \sqrt{sgd^3 \tau_*} \left(1 - \frac{\tau_{*sc}}{\epsilon^2 \tau_*} \right)^3 \left(\frac{h}{d \sin \theta} \right), \quad \tau_{*sc} = \tau_{*c} \cos \theta \sqrt{1 - \left(\frac{\tan \theta}{\mu} \right)^2} \quad \dots (4)$$

としている。

4. 計算条件および結果 各斜面の等価粗度、斜面長、勾配が図-4に示されている。河道網は図-5に示すように、115のノードで構成されている。各河道の勾配、河道幅は図示のとおりであり、水みち幅は河道幅の1/4としている。図-6には与えた降雨の条件と下流端における流量・流砂量の計算結果が示されている。これを見ると、降雨に伴う雨水及び流砂の流出がある程度計算できていることがわかる。

5. おわりに 今回提案した計算法は、山地流域からの土砂の流出を予測する上で有効であると考えられる。今後、モデルに組み込むべき課題を挙げると、

- ・斜面流出過程における地下水の問題
- ・河道堆積物中の流れの問題
- ・斜面部から河道部への土砂の供給の問題
- ・砂礫の粒度分布の問題

などがある。このような改良を加えた後、神通川流域足洗谷に適用し、現地データとの比較を通じ、モデルの妥当性の検証を行う予定である。

参考文献 1) 芦田・江頭・加本：山地流域における侵食と流路変動に関する研究(2)、京都大学防災研究所年報、第26号、1983。

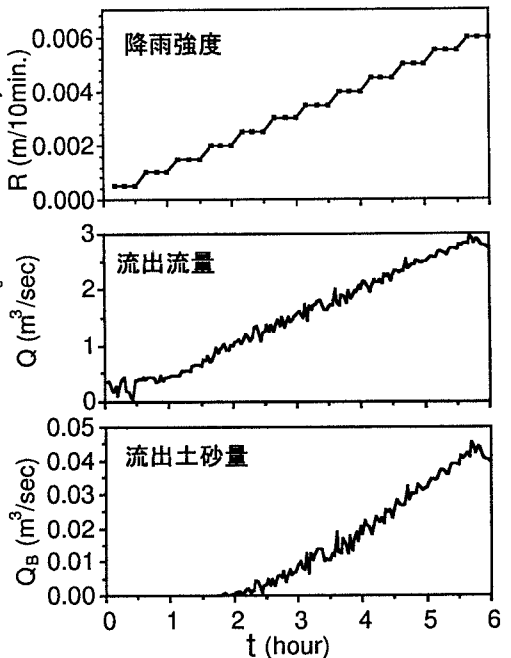


図-6