

立命館大学理工学部 学生員○竹内 麻智子

立命館大学理工学部 正会員 江頭 進治

立命館大学大学院 学生員 清田 三四郎

立命館大学理工学部 正会員 伊藤 隆郭

1. はじめに 流域における土砂管理において、流出土砂量の予測法を確立することは重要である。江頭らは河道堆積物を対象とし、流水・流砂に関する貯留型の支配方程式と Kinematic Wave 法による降雨流出モデルを組み合わせた土砂流出予測法を提案している¹⁾。この方法をより一般性の高いものにするためには、モデルに対し、河道堆積物生成機構を導入することが不可欠である。本研究においては、崩壊の発生に伴う河道堆積物の生成モデルを考察するために、現地データを用い、中間層の飽和面積率と飽和時間から特性時間を定義し、それと崩壊個数密度との関係を検討する。

2. 流域モデルの概要 図-1 は江頭ら¹⁾の土砂流出モデルで用いられている流域モデルである。すなわち、河道の合流点に着目し、上流川の合流点を含み、下流川の合流点を除く区間を単位河道とし、単位河道に連なる山腹斜面を単位斜面として図のようにモデル化されている。各単位斜面における崩壊個数密度 N が与えられれば、一つの単位斜面において生成される河道堆積物の量は次式によって評価される。²⁾

$$V = \alpha(N \cdot A)(b l D) \quad (1)$$

ここに、崩壊個数密度 N とは単位面積あたりの崩壊個数(個/km²)であり、 α ：山腹崩壊の土石流への遷移率、 A ：単位斜面の面積、 b ：平均崩壊幅あるいは流動幅、 l ：崩壊点から単位河道までの崩壊土の平均移動距離、 D ：移動過程における平均浸食深さである。以上、要するに斜面土層の降雨による飽和面積率、飽和時間、傾斜角、および地質をパラメータとして崩壊個数密度が予測できれば、河道堆積物の生成量が議論できるということである。

3. 崩壊密度の予測法 日本有数の多雨地帯である奈良県十津川上流に位置する旭ダム流域を対象にする。図-2 に流域図を示す。図中の番号は単位河道番号であり、当該流域の河道は 12 本の単位河道(No.7~18)と、10°以上の傾斜(No.1~6)に分割され、流域は 36 の単位斜面に分けられる。

まず、山腹崩壊と斜面土層の降雨による飽和状態との関連性について考える。飽和状態を評価するパラメータとして斜面土層の飽和面積率に着目する。図-3 は単位斜面の土層モデル、表面流および浸透流の模式図である。A 層は降雨流出を固定するために設けた便宜的な土層であって、崩壊は B 層で起こるものとして扱うことにする。ここで、単位斜面の面積を A 、降雨に伴う B 層の飽和面積 A_s とすれば、崩壊に関与するであろう特性時間 T が次のように定義される。

$$T = \int_0^{t_{\infty}} (A_s / A) dt \quad (2)$$

ここに、 t_{∞} ：一連の降雨における降り始めから終了するまでの時間である。これは斜面土層が飽和するだけでなく、飽和する時間

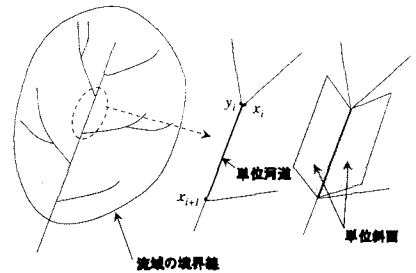


図-1 単位河道および単位斜面

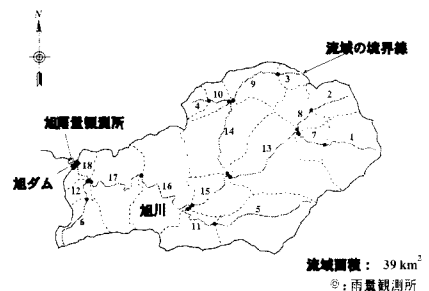


図-2 旭ダム流域および単位河道

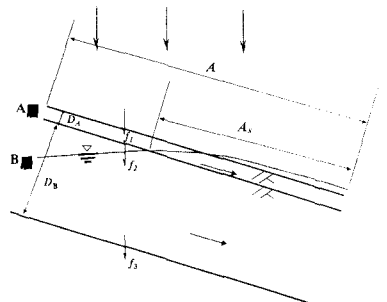


図-3 単位斜面の土層モデル

が長いほど崩壊発生の可能性が高いことを表現したものである。この他、崩壊には斜面長 L や斜面勾配 θ が深く関わっている。これらを用いて特性時間を無次元化すると次式を得る。

$$T_* = \frac{T}{\sqrt{L/g \sin \theta}} \quad (3)$$

ここで、崩壊個数密度と無次元特性時間との間にある関数関係

$$N_* = f(T_*) \quad (4)$$

があれば、降雨流出解析を通じて崩壊個数密度の予測が可能となる。旭川流域における昭和 57 年から平成 2 年までに得られた崩壊データと降雨データに基づいて式(4)の関数形を調べる。以下の解析では、降雨流出解析から求められた値である、 A 層の厚さ $D_A=0.1\text{m}$ 、 B 層の厚さ $D_B=1.0\text{m}$ 、 A 層の浸透能 $f_1=200 \sim 150\text{mm/hr}$ 、 B 層の浸透能 $f_2=6 \sim 3\text{mm/hr}$ 、 C 層の浸透能 $f_3=0.05 \sim 0.03\text{mm/hr}$ と定めている。

図-4 は式(4)の関係を調べるのに先駆けて B 層の飽和面積率と崩壊個数密度の関係をみたものである。ここで、 B 層の飽和面積率とは単位斜面における飽和面積の割合である。図-4 より、両者には正の相関がみられるもののデータのばらつきがかなり大きいことが分かる。

図-5(a)(b)は、図-4 のデータを砂岩または頁岩を多く含む斜面と花崗岩を多く含む斜面に分けて、新規崩壊個数密度と無次元特性時間との関係、すなわち式(4)の関係をみたものである。いずれの図においても新規崩壊個数密度と無次元特性時間との関係には正の相関がみられる。また、崩壊が発生し始める無次元特性時間には両者においてかなりの相違がみられ、図-5(a)においては $T_*=20 \sim 70$ 、図-5(b)においては $T_*=1 \sim 2$ 程度になっている。

4. おわりに 中間層の飽和面積率と飽和時間を用い

て特性時間を定義し、それと崩壊個数密度との関係を検討した。その結果、崩壊は地質と無次元特性時間に依存していることが認められた。今後、より一般的な崩壊発生の予測モデルを確立するための課題として、1)特性時間の無次元化のパラメータについて検討すること、2)土層厚と勾配との関係について検討を深めること、などが考えられる。最後に、現地データの収集にあたり、関西電力株式会社の諸兄にご協力いただいたことをここに記し感謝致します。

参考文献 1)江頭進治・松木敬：河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法，水工学論文集，第 44 巻，735-740，2000.2)上妻由拓・江頭進治・松木敬・藤井陽子：山腹崩壊による堆積物の生成機構を考慮した土砂流出予測法に関する研究，平成 13 年度砂防学会研究発表会概要集，114-115，2001.

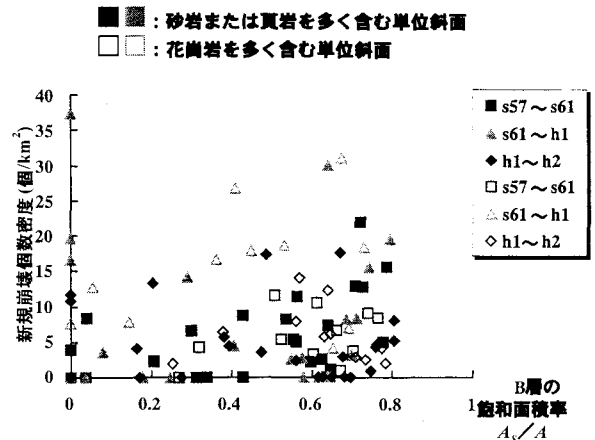
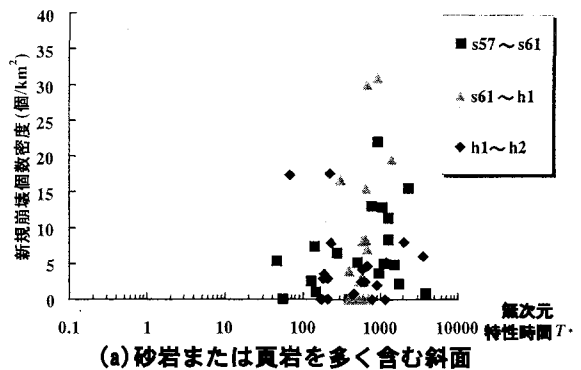
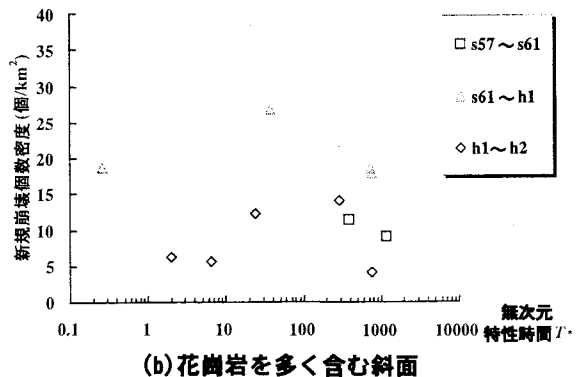


図-4 新規崩壊個数密度と B 層の飽和面積率



(a) 砂岩または頁岩を多く含む斜面



(b) 花崗岩を多く含む斜面

図-5 新規崩壊個数密度と無次元特性時間