

II-247 降雨侵食による土砂流出のシミュレーション

愛媛大学大学院	学生員	C. サントス
愛媛大学工学部	正 員	鈴木 幸一
愛媛大学工学部	正 員	渡辺 政広
愛媛大学大学院	学生員	東 正史

植性のない裸地斜面を主体とする流域を対象に、これまで、降雨・土砂流出を実用的にシミュレートし得る解析モデルについて検討^{1), 2)}を進めてきている。

本報告では、ブラジル・スメの試験地流域において見られる諸元をもつ裸地斜面を対象に、降雨・土砂流出の数値シミュレーションを行い、降雨侵食による土砂流出特性について検討した結果を述べる。

1. 土砂流出モデル(WESPモデル)の概要

まず、地表面流は、kinematic wave 流れとして取り扱い、地表面における土砂流出は、雨滴の斜面衝突による侵食と、地表面流の掃流力による侵食とによって引き起こされるとして扱う。

次に、降雨侵食に関連する3つのモデル・パラメータの値、すなわち、 K_I (雨滴衝突による斜面侵食に関する係数)、 K_R (地表面流による斜面侵食に関する係数) および N_S (土壌水分吸引係数) の値については、ここでは、先のスメ試験地流域における既往の研究結果^{1), 2)}より、 $K_I = 5.1 \times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{s} / \text{m}^4$, $K_R = 2.1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{N}^{1.5} / \text{s}$ および $N_S = 0 \text{ mm/h}$ を用いることとした。

なお、WESPモデルの詳細は、文献 1) に示している。

2. 降雨・土砂流出シミュレーション

ブラジル・スメの試験地流域で見られる諸元をもつ裸地斜面を想定し、WESPモデルを用いて降雨侵食による土砂流出のシミュレーションを行った。

① 裸地斜面：幅 1 m, 斜面長が 30, 100, 300 m, 斜面こう配が 4, 10, 20 % の合計 9 種の斜面を想定した。② 有効降雨：最終浸透強度 (= 5 mm/h) 分を差し引いた有効降雨強度が 5, 15, 45 mm/h の一定強度の 3 種の降雨を想定した。③ 流出シミュレーション：斜面長, 斜面こう配, 有効降雨強度がそれぞれ異なる合計 27 種の流出シミュレーションを行った。シミュレーション結果の一例(流出土砂量ハイドログラフ)を、図 1 に示す。

3. 土砂流出特性

シミュレートされた 27 出水について、流出土砂量 E (単位面積当り) と、斜面長 L , 斜面こう配 S_0 , 降雨強度 r_e との関係を示すと、図 2 のようになる。

ここで、流出土砂量は、図 1 に示すようなほぼ定常な土砂流出が達成されて後の 30 分間の流出土砂の総量を斜面長で除して求めたものである。

降雨(雨滴)と地表面流による侵食に関する既往の研究結果、たとえば、Musgrave³⁾によれば、流出土砂量 $E(\text{mm/yr})$ は、次式のように表されている。

$$E = \alpha \cdot L(m)^{0.35} \cdot S_0(\%)^{1.35} \cdot R(\text{mm})^{1.75} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 α ：植生、土砂の粒径や受食性、などによって決まる係数、 R ：確率年 2 年の最大 30 分間降雨量。なお、Zingg³⁾によれば、 S_0 の指数は 1.4, L のそれは 0.6 となっている。

上述した数値実験結果を上を経験式 (1) に適用し、最小 2 乗法により係数 α および各指数を求め、次式を得た。

$$E(\text{kg/m}^2) = 1.7 \times 10^{-5} \cdot L(m)^{0.83} \cdot S_0(\%)^{0.92} \cdot r_e(\text{mm/h})^{1.9} \dots\dots\dots (2)$$

式 (2) を式 (1) と対比すると、本モデルにより生産される土砂量は、概ね、従来より提案されている

降雨侵食による生産土砂量推定式と類似の式で表示できること、すなわち、本モデルによる土砂流出シミュレーション結果は実流域での土砂流出現象をよく再現するものとなっているであろうことがわかる。

参考文献：1) Srinivasan, V. S., C. Santos, K. Suzuki and M. Watanabe : Sediment yield observed in a small experimental basin and its simulation by runoff-erosion modeling, Proc. Hydr. Eng., JSCE, Vol. 37, pp. 717~722, 1993. 2) Santos, C. A. G., K. Suzuki, M. Watanabe and V. S. Srinivasan : Scale effects of basin elements on coefficients in runoff-erosion modeling, Proc. Hydr. Eng., JSCE, Vol. 38, pp. 83~88, 1994. 3) (社)砂防学会 監修：砂防学講座第3巻 斜面の土砂移動現象，山海堂，pp. 26~30，1992年。

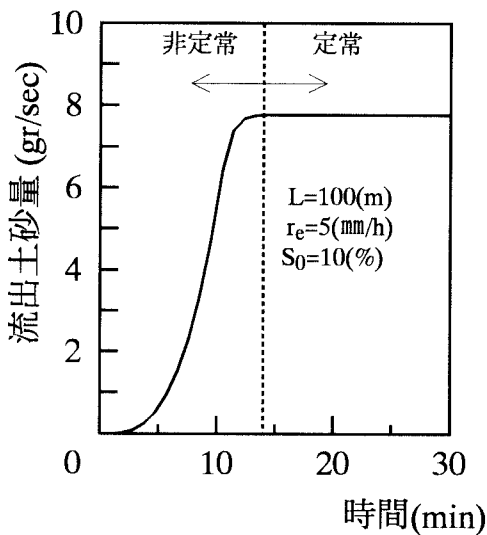


図1 流出シミュレーション結果

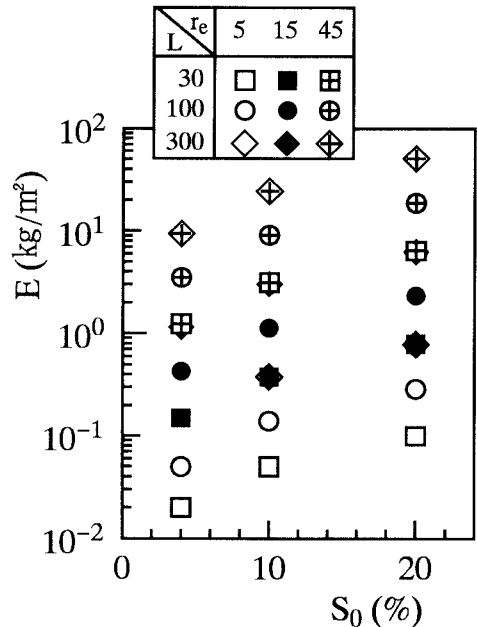


図2 $E \sim S_0, L, r_e$ 関係

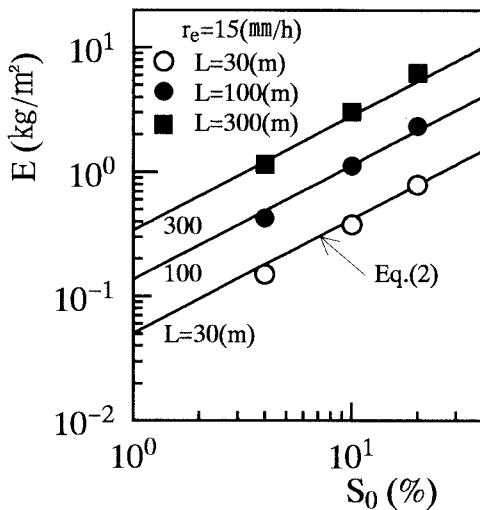


図3 $E \sim S_0, L$ 関係 ($r_e=15\text{mm/h}$)

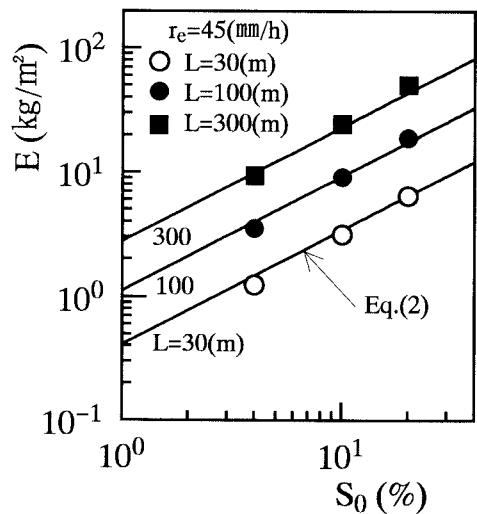


図4 $E \sim S_0, L$ 関係 ($r_e=45\text{mm/h}$)