

石垣島轟川流域における MUSLE の適用 Application of MUSLE to Todoroki river watershed

○酒井 一人* 吉永安俊* 仲村渠将*

Sakai Kazuhito, Yoshinaga Anshun, Nakandakari Tamotsu

1. はじめに

沖縄県では、1960 年代半ば以降に人為的な赤土等の土砂流出が社会に認識されるようになった。沖縄県における赤土流出は、サンゴ礁などの海洋生態系への影響が問題視されている。そのため、沖縄県は、海洋生態系保全を目的とした赤土流出防止の数値目標設定を進めている。そこでは、沿岸域での赤土堆積予測モデル構築(仲宗根ら, 2010)を進めている。そして、将来的にはそのモデルから海域保全目標達成のための陸域での赤土流出削減目標算定を目指している。その陸域での赤土流出削減目標値が設定された場合には、赤土流出の現状の把握および赤土等流出防止対策を導入した際の赤土流出量の予測が必要となる。これまで、沖縄県では、赤土流出量予測手法として USLE が広く用いられており、沖縄県でのパラメータについては沖縄県衛生環境研究所を中心として研究が進められている。しかし、USLE で計算される流域土砂流出量は一般に実測値より大きくなる傾向がある。それは、USLE で計算される値は土壌侵食量であり、その土砂が運搬される過程については考慮していないために「侵食されるが、運ばれない」土壌について大きく見積もってしまうためである。その様な USLE の問題に対して、開発者は MUSLE として運搬を考慮したモデルを発表している。そこで、本研究では MUSLE を沖縄県石垣島轟川流域に適用し、その適用性について検討した。

2. 研究の方法

2.1 対象流域

本研究の対象流域は、沖縄県石垣島にある轟川流域である。轟川流域では、赤土対策導入モデル流域として、流域調査および赤土対策事業導入が進められている。本研究で用いたデータはその事業として測定されたものである。

2.2 MUSLE

MUSLE は次式で表される。

$$A = 11.8(Q \cdot q_p)^{0.58} \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (1)$$

ここで、 A :1 降雨イベントでの土砂流出量(t), Q : 表面流出高(mm), q_p : ピーク流量(m^3/s), K :USLE の土壌係数, LS :USLE の斜面形状係数, C :USLE の作物係数, P :USLE の保全係数 Q は SCS-CN 法により次式で求める。

$$Q = \frac{(R - 0.2S)^2}{R + 0.8S} \quad (2)$$

ここで、 R :1 降雨イベントの降水量(mm), S : 保留量パラメータ(mm). S は次式で表される。

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3)$$

ここで、 CN :SCS カーブナンバー. CN は流域の水分状態および流域特性により決まる値である。本研究では、SWAT モデルで用いられている手法に従い、永久しおれ点での $CN1$ と圃場容水量での $CN3$ を次式で計算する。

$$CN_1 = CN_2 \cdot \frac{2Q(100 - CN_2)}{(100 - CN_2 + \exp[2.533 - 0.063(100 - CN_2)])} \quad (4)$$

$$CN_3 = CN_2 \cdot \exp[0.00673 \cdot (100 - CN_2)] \quad (5)$$

ここで、 CN_2 :中程度の湿り具合での CN 値で一般的に流域特性から表を用いて決定、 CN_1 :乾燥

*琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

キーワード: 赤土流出, MUSLE, SCS-CN

時のカーブナンバーで、永久しおれ点水分量相当、CN3:湿潤時のカーブナンバーで圃場用水量相当。計算においては次式により、土壌水分から S を決定した。

$$S = S_{\max} \left(1 - \frac{SW}{[SW + \exp(w_1 - w_2 SW)]} \right) \quad (6)$$

$$w_1 = \ln \left[\frac{FC}{1 - S_3 / S_{\max}} - FC \right] + w_2 \cdot FC \quad (7)$$

$$w_2 = \frac{\left(\ln \left[\frac{FC}{1 - S_3 / S_{\max}} - FC \right] - \ln \left[\frac{SAT}{1 - 254 / S_{\max}} - SAT \right] \right)}{(SAT - FC)} \quad (8)$$

ここで、 $S_{\max}$:永久しおれ点(CN1)での S 、 S_3 :圃場容量水(CN3)での S 、 SW :土壌水分量、 SAT :飽和堆積含水率、 FC :圃場容量水。

SW は、次の貯留計算により日単位で計算した。

$$SW_i = SW_{i-1} + R_i - ET_{i-1} \quad (9)$$

ここで、 R :日降水量(mm)、 ET :日蒸発散量(mm)。 ET は次式で計算した。

$$ET = EP \cdot \left(\frac{SW - WP}{FC - WP} \right)^2 \quad (10)$$

ここで、 EP :日ポテンシャル蒸発散量(mm)、 WP :永久しおれ点水分量(mm)。

式(9)で計算される SW は、永久しおれ点から圃場容量水までの値とした。

ピーク流量(q_p)は次式で計算した。

$$q_p = \frac{\alpha_{tc} \cdot Q_{surf} \cdot Area}{3.6 \cdot t_{conc}} \quad (11)$$

ここで、 α_{tc} :表面流出量に占めるピーク流量の割合、 Q_{surf} :表面流出量(mm)、 t_{conc} :洪水到達時間。 α_{tc} は次式で計算した。

$$\alpha_{tc} = 1 - \exp[2 \cdot t_{conc} \ln(1 - \alpha_1)] \quad (12)$$

ここで、 α_1 :1時間最大降雨/期間降雨。

MUSLE の適用において同定したパラメータは CN2, FC, WP の3つである。

3. MUSLE 適用結果

Fig.1 に各降雨イベントに対して USLE と MUSLE を適用した結果のうち 2006 年のものを示す。USLE での計算値はほとんどの降雨イベントで大きくなっていることがわかる。この理由は、轟川流域は、地盤がサンゴ石灰岩であり、表面流出の割合が小さく、侵食されど流出しない状況が起りやすいためであると考えられる。それに対して MUSLE の適用結果では、小さい降雨イベントについては、流出がないケースがあるが、大きな降雨では概ね実測値に近い計算値となっており、MUSLE の適用性が高いことが認められた。

4. おわりに

本研究では、USLE のパラメータをそのまま使えるという利点を持つ MUSLE を轟川に適用し、その有効性について検討した。今回の適用では、パラメータを最適化したが、観測データのない流域での適用のためには、流域特性からパラメータを決定する必要がある。

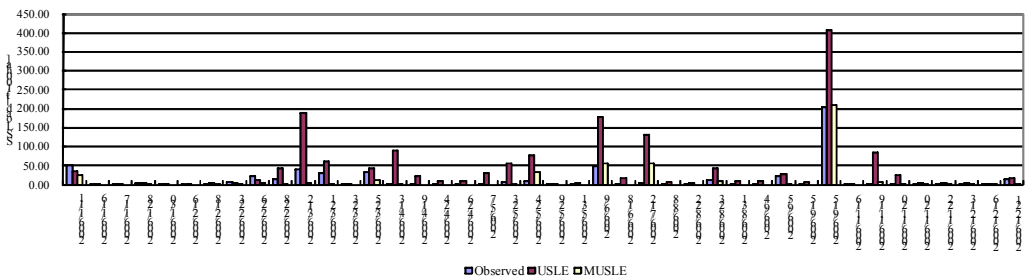


Fig.1 MUSLE の適用結果
Result of MUSLE application