

時系列出力型の侵食・土砂流出モデルの構築

Construction of Erosion and Sediment Runoff Model to Calculate Temporal Variation

○大澤 和敏* 酒井 一人** 乃田 啓吾*** 池田 駿介*
 ○Kazutoshi OSAWA*, Kazihito SAKAI**, Keigo NODA***, and Syunsuke IKEDA*

1. はじめに

沖縄地方では、近年、圃場整備や各種インフラ事業などが原因で赤土壌等の侵食が顕著になった。その結果、水域汚染による生態系の破壊がおこり重大な問題となっている。そのため、土壌侵食および土砂の流下を各種対策とともに表現できるモデルが必要とされている。筆者ら(2004)は既往の侵食モデルである USLE や WEPP の検証を行い、WEPP は精度、適用性ともに優れていると評価した。しかしながら、WEPP の土砂流出量の時間解像度が一雨単位であることが、精度を低下させる一因となるとともに干潮域までを扱う赤土流出の時系列解析を行う上で問題であると指摘している。

そこで、本研究では新たなモデルとして時系列出力型の侵食・土砂流出モデルを提案することを目的とした。構築するモデルの特徴としては、以下の3点である。①作物や土壌の状況変化および営農作業を明確に反映可能。②農地、水路、沈砂池を組み合わせた流域モデル。③流量、土砂流出量の時系列まで把握可能。構築したモデルを沖縄における農地および農地主体の小流域に適用し、精度および適用性について考察する。

2. モデル概要

モデルは流域スケールで評価可能とするために、圃場、水路、そして沈砂池の3つの機構から構成される。圃場における土壌侵食過程の概要を Fig. 1 に示す。

作物に関する機構では、バイオマス量、樹高、植生の被覆率、根重、LAI が、それぞれ日単位で算定される。残渣は地表面残渣と地中残渣に分類され、作物の収穫、耕起、分解

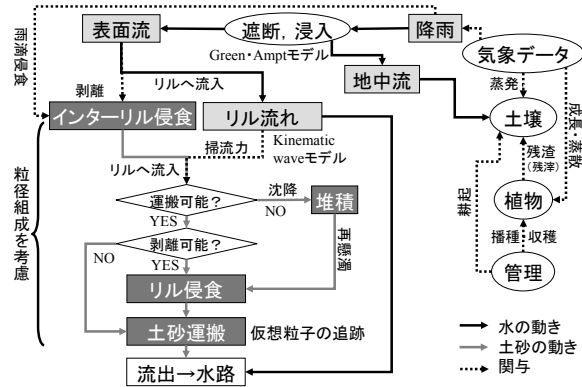


Fig. 1 Feature of the model

によって増減する。これらの機構は WEPP と同様であり、USDA-ARS(1995)に詳述されている。土壌に関する変数として、ランダムラフネス(地表面の微小な凹凸)、乾燥密度、有効透水係数などがある。それらは日単位で変化し、WEPP の機構を一部改良して算定する。管理作業として、播種(植え付け)、収穫、耕起の3つの作業をそれらの作業日とともに表現する。また、蒸発散過程は WEPP と同様の機構を用いる。

降雨-流出過程では、有効降雨の算定に植生による遮断量と浸入量(Green-Ampt モデルを用いる)が用いられる。インターリル(畝斜面)の流出量は流下距離(畝斜面長)が0.5~1m程度なので有効降水量とした。リル(畝間)における水の流れは、畝間の流れを想定した三角形断面の流れとして、Kinematic wave 法によって逐次計算される。

インターリル侵食は WEPP の過程を援用し、雨滴侵食とインターリルにおける流水による土粒子の剥離によるものとする。リルにおける流水による土粒子の剥離は流水による掃

* 東京工業大学 大学院理工学研究科 (Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology)
 ** 琉球大学 農学部 (Faculty of Agriculture, University of Ryukyus)
 *** 東京大学 大学院農学生命科学研究科 (Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo)

キーワード： 赤土流出, 土壌侵食, 侵食・土砂流出モデル, WEPP モデル, 時系列

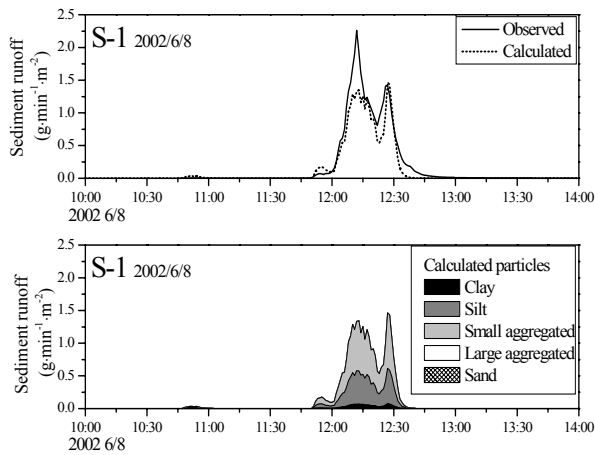


Fig. 2 Calculated and observed sediment runoff from sugarcane field

流力と土粒子の限界掃流力の関係を用いて算定される。これらの侵食過程には土粒子の粒径を考慮し、5つの粒径区分に分けた。区分と代表粒径は粘土(0.002mm), シルト(0.01mm), 砂(0.2mm), フロック小(0.03~0.1mm, 粘土とシルトで構成), フロック大(0.3~2mm, 粘土, シルト, 砂で構成)である。

インターリル侵食およびリル侵食によって生産された土砂の運搬や土砂の沈降および再懸濁は、仮想粒子を生成し追跡する方法によって表現される。各計算時間ステップにおいて生産された土砂は粒径クラス毎の粒子として生成され、その粒子は場所、質量、代表粒径の情報を有する。粒子の動きは掃流力と限界掃流力によって決定され、輸送形態は移流のみによるものとし、拡散は考慮しない。

水路における土砂流出過程は、圃場におけるリル侵食および運搬過程と同様に行う。なお、本研究で対象としている水路は、U字溝などの幅の比較的狭い流路なので次元解析とする。沈砂池における水の流れには、一般的な洪水調節池計算の連続式を用いる。流水による土砂の運搬は前述の仮想粒子を生成し追跡する方法を用い、土粒子の沈降はストークスの法則を用いる。

3. 圃場におけるモデルの検証

対象圃場は沖縄県本島恩納村の安幸地土地改良区内のサトウキビ畑である。観測期間中であった2002年6月8日の降雨イベントでの土砂流出過程の計算結果を Fig. 2 上に示す。ピーク部分を若干過小評価しているが、WEPP では表現不可能な土砂流出量の経時変

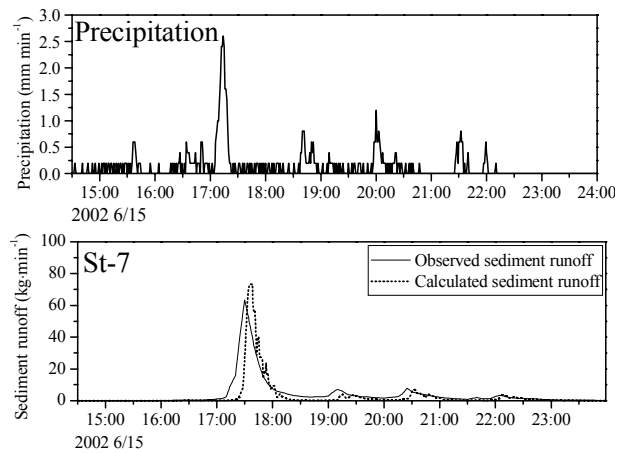


Fig. 3 Calculated and observed sediment runoff from small watershed

化を概ね良好に表現できている。計算過程において算出された流出土砂の粒度組成を Fig. 2 下に示す。大部分が粘土, シルト, そしてフロック小(代表粒径: 0.03mm)で構成されていた。砂およびフロック大(代表粒径: 0.3mm)はわずかに存在する程度であった。算出された粒度分布は観測された変動領域(0.0005~0.1mm)の中にあり、妥当な結果であったと評価できる。

4. 小流域におけるモデルの検証

対象流域は沖縄県本島恩納村の安幸地土地改良区を含む小流域である。流域面積は約0.12km²であり、流域内には大小51筆の農地、それに付随したコンクリート製の排水路(幅:0.3~1.3m)、大小9基の沈砂池、そして下流の湿地を有する。

多点同時観測を行った2002年6/15における流域末端(St-7)での土砂流出量の観測値および計算値を Fig. 2 に示す。本モデルにおける計算結果は、土砂流出量の時系列を的確に表現できていることがわかる。紙面の制約上示すことができなかったが、特に、営農作業や作物の生育によって異なる土地利用状況や沈砂池の有無などの集水域特性を明確に反映できていた。

引用文献

- 大澤 和敏, 酒井 一人, 田中 忠次, 吉永 案俊: 降雨毎の侵食予測における USLE および WEPP の検証, 農業土木学会論文集, 255, 43-50, 2004.
 USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory: USDA-Water Erosion Prediction Project hillslope profile and watershed model documentation, NSERL Report No. 10, 1995.