

侵食試験と WEPP による侵食解析を組み合わせた侵食抑制効果の評価法 A method to assess the effectiveness of erosion reduction by combining erosion test and WEPP erosion analysis

○大澤 和敏*
○Kazutoshi OSAWA*

1. 背景と目的

世界各地で土壌侵食が現在でも問題視されており、日本でも畑地における表土流出に伴う営農的問題や過剰な土砂や汚染物質の流出に伴う環境的問題が生じている地域が多くある。水食の解析モデルとして、WEPP (Water Erosion Prediction Project) が挙げられる¹⁾。WEPPは米国農務省によって開発されたプロセスベースのモデルであり、日本国内における気象、土壌、管理入力データが整備されつつある^{2),3)}。一方で、多くの土壌侵食の抑制対策がこれまでに提案されてきており、様々な条件での効果の検証のために、モデルを用いた数値解析は有用な手段となり得る。そこで本研究では、土壌の性状を変化させることによる侵食抑制対策の評価法として、室内侵食試験と WEPP による解析を組み合わせた方法を提案することを目的とした。

2. 研究方法

【侵食抑制対策】本研究では、3種類の抑制対策を実施した。藻類・菌類による土壌被覆による抑制対策は、裸地状態の地表面に肥料等とともに土壌藻類を散布することによって土壌表面に藻類・菌類の被覆を形成させ、侵食を防止して植生基盤を安定化させる方法である⁴⁾。土壌硬化剤の散布による抑制対策は、共重合体水性エマルジョンの法面保護剤を農地用に改良したものを施用する方法である。沈砂池堆積土に無機物とデンプンを主成分とした土壌固化材を添加した改良土を客土する抑制対策は、圃場整備事業等で整備された沈砂池における堆積土の可搬性や循環利用を目的としている。

【侵食試験方法】WEPPで用いられている受食係数には、流路での流水による土壌の受食性を表すリル受食係数 K_{rb} 、限界掃流力 τ_{cb} 及び流路間の斜面における土壌の受食性を表すインターリル受食係数 K_{ib} がある。インターリル受食係数は、供試土を充填した土壌槽に対して降雨装置による模擬降雨によって発生するインターリル侵食量、土壌槽の傾斜、降雨強度から算出する。リル受食係数は、供試土を充填した土壌槽の表面に作成した流路に発生させた水流によるリル侵食量、土壌槽の傾斜、水流の流量から算出する。各受食係数の算定には以下の式を用いる。

$$D_i = K_{ib} \cdot I \cdot \sigma \cdot S \quad (1) \quad D_f = K_{rb} \cdot (\tau_f - \tau_{cb}) \quad (2)$$

ここで、 D_i : インターリル侵食量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、 K_{ib} : インターリル受食係数 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{s}$)、 I : 降雨強度 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、 σ : 流出高 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)、 S : 傾斜を考慮した係数、 D_f : リル侵食量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、 K_{rb} : リル受食係数 ($\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$)、 τ_f : 表面流の掃流力 (Pa)、 τ_{cb} : 土粒子の限界掃流力 (Pa)。

【WEPPの解析方法】上述の侵食試験で得られた受食係数を WEPP の土壌入力データに用いて侵食解析を行い、対策による侵食量の削減効果を評価する。他の解析条件として、気象条件は沖縄県那覇市の気象統計値を用いて作成した 100 年間の気象データ、地形条件は斜面長 100m、傾斜 3%、管理条件は畝立てされた裸地状態とした。

* 宇都宮大学 農学部 (School of Agriculture, Utsunomiya University)

キーワード: 農地保全, 土壌侵食, WEPP, 侵食抑制対策, 受食係数

3. 結果および考察

各対策の侵食試験で得られた受食係数を **Table 1** にまとめた。土壌の性状を変化させることによって、全ての条件において K_{ib} 及び K_{rb} は減少し、多くの条件において τ_{cb} は増大し、受食性は低下したことが確認できた。特に、土壌表面の被覆や硬化を伴う試験においては、リル侵食が発生せず、 K_{rb} や τ_{cb} が定まらないことが多かった。これは、表面が完全に被覆または硬化した滑らかな状態であったためと考えられる。

得られた受食係数を入力し、WEPP で算出した侵食量を **Fig.1** に示す。ほぼ全ての条件において、侵食量の減少を表現できている。特に侵食試験でリル侵食が発生しなかった条件では、WEPP のリル侵食量もゼロであった。本解析は裸地状態のため、著しく大きい侵食量が算出されたが、作物の栽培を想定すると侵食量は減少し、野外における実測結果と概ね整合することを確認している。

4. 結論および今後の課題

侵食試験と WEPP による解析を併用することによって、実際の農地における侵食量や侵食抑制対策の効果を評価できる方法を提案することができた。物理・化学的な性質を含めて侵食抑制のメカニズムについて検討を重ね、受食係数の変化をモデル化できると実用性が更に高まる。

引用文献

- 1) WEPP model : https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start, 2022年4月6日閲覧。
- 2) 町田元, 大澤和敏: WEPP による日本全国の土壌侵食解析と気候変動に伴う将来的な侵食量変化予測, 2021年度(第70回)農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 74-75, 2021。
- 3) 石崎弘真, 大澤和敏, 松井宏之: WEPP における受食係数推定式の更新と推定精度の検証, 2021年度(第70回)農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 68-69, 2021。
- 4) 日健総本社, 侵食防止及び植生の自然侵入促進をはかる土壌藻類資材, 国土交通省新技術情報提供システム, OK-170002, 2018。

Table 1 侵食抑制対策の条件と侵食試験による受食係数
Conditions of erosion reduction measures and soil erodibility parameters

対策	土壌(採取場所)	対策内容	K_{ib} ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-4}\cdot\text{s}$)	K_{rb} ($\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$)	τ_{cb} (Pa)
藻類・菌類による土壌被覆	国頭マージ(本島)	なし	1.24×10^6	0.35×10^{-2}	1.69
	国頭マージ(本島)	被覆あり	0.47×10^6	不定(極小)	不定(極大)
	ジャガ(本島)	なし	1.13×10^6	0.04×10^{-2}	4.53
	ジャガ(本島)	被覆あり	0.33×10^6	不定(極小)	不定(極大)
	島尻マージ(本島)	なし	0.25×10^6	0.14×10^{-2}	2.91
	島尻マージ(本島)	被覆あり	0.12×10^6	不定(極小)	不定(極大)
土壌硬化剤	国頭マージ(本島)	なし	1.24×10^6	0.35×10^{-2}	1.69
	国頭マージ(本島)	1/10 標準量	0.48×10^6	0.12×10^{-2}	3.08
	国頭マージ(本島)	1/5 標準量	0.80×10^6	不定(極小)	不定(極大)
	国頭マージ(本島)	標準量	0.01×10^6	不定(極小)	不定(極大)
	島尻マージ(石垣)	なし	0.66×10^6	0.04×10^{-2}	0.39
沈砂池堆積土の客土 (%は堆積土の混和率を表す)	国頭マージ(本島)	なし	1.24×10^6	0.35×10^{-2}	1.69
	国頭マージ(本島)	10%	1.28×10^6	0.00×10^{-2}	4.65
	国頭マージ(本島)	10%+固化剤	0.73×10^6	0.00×10^{-2}	5.16
	国頭マージ(本島)	50%	0.92×10^6	0.37×10^{-2}	3.95
	国頭マージ(本島)	50%+固化剤	0.82×10^6	0.08×10^{-2}	2.06
	島尻マージ(石垣)	なし	0.66×10^6	0.39×10^{-2}	0.95
	島尻マージ(石垣)	30%	0.41×10^6	0.04×10^{-2}	1.39
	島尻マージ(石垣)	30%(古)+固化剤	0.46×10^6	0.27×10^{-2}	1.35
	島尻マージ(石垣)	30%+固化剤	0.21×10^6	0.07×10^{-2}	1.06
	島尻マージ(石垣)	50%+固化剤	0.15×10^6	0.10×10^{-2}	0.59

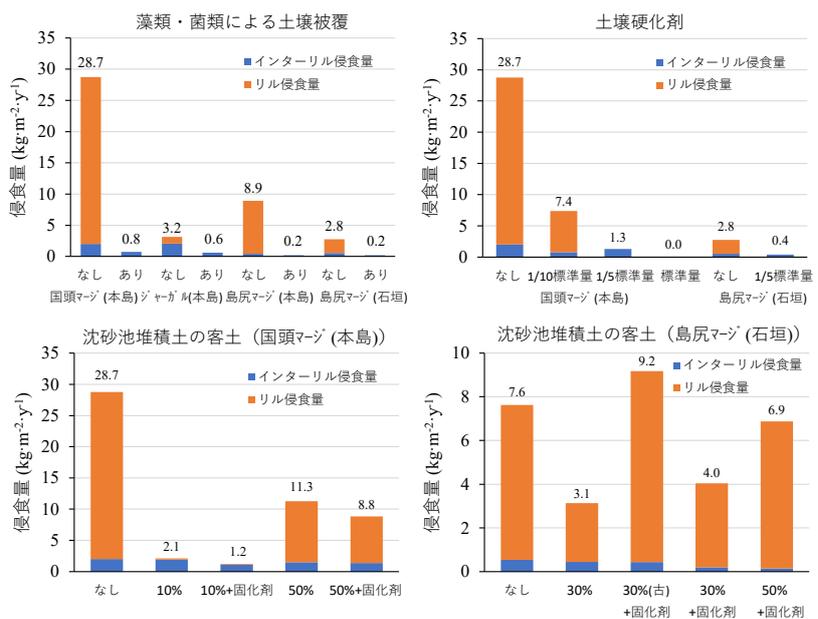


Fig.1 WEPP による侵食解析の結果
Sediment yield estimated by WEPP model