

# せん断強度の異なる土壌の流水および降雨に対する受食性

## Rill and interrill erodibilities of soils with different shear strengths

山口敦史<sup>1</sup>・大澤和敏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>宇都宮大学地域創生科学研究科・<sup>2</sup>宇都宮大学農学部

### 要旨(Abstract) :

土壌侵食における土壌の受食性と土粒子間相互作用の関係を明らかにすべく、高分子を混和することで土壌の力学特性を系統的に変化させながら流水および降雨による侵食実験を行った。その結果、流水による侵食においては土壌のせん断強度の増加にともない受食係数が直線的に減少することが見出された。一方で、降雨による侵食では、せん断強度と受食係数の間に明確な関係は見いだせず、降雨継続時間の影響が大きいことが示唆された。

キーワード：土壌侵食，せん断強度，土壌改良剤，受食性，粒子間相互作用

Key words: Soil erosion, Shear strength, Soil conditioner, Erodibility, Particles interaction

### 1. はじめに

降雨や流水によって土壌が削り取られる土壌侵食は、土壌劣化や下流域の富栄養化などの原因となる。そのため、土壌侵食を予測し、抑制することは農地や環境保全につながる。

土壌侵食シミュレーションでは、受食性を表すパラメータを粒度分布から経験的な式を用いて算出されることが多い。ここでは、土壌の凝集分散状態などの物理化学性が反映されていない (Yamaguchi et al. 2022)。そこで本研究では、高分子系の土壌改良剤を混和することで土壌の物理化学性を制御しつつ、流水および降雨による侵食実験を行うことで、土壌の凝集分散挙動を支配する土粒子間相互作用と土壌の受食性との関係を調べた。

### 2. 方法

#### (1) 受食性パラメータ

プロセスベースの侵食シミュレーションモデルである WEPP (Water Erosion Prediction Project) で用いられる侵食量の計算式

$$\text{リル: } D_c = K_r(\tau - \tau_{cr}) \quad (1)$$

$$\text{インターリル: } D_i = K_{ir} \times I_e \times \sigma_{ir} \times S \quad (2)$$

に基づいて、受食性パラメータであるリル受食係数 $K_r$ 、限界掃流力 $\tau_{cr}$ 、インターリル受食係数 $K_{ir}$ を評価した。ここで、 $D_c$ は剥離容量、

$\tau$ は掃流力、 $D_i$ はインターリル侵食量、 $I_e$ は有効降雨強度、 $\sigma_{ir}$ はインターリル流量、 $S$ は勾配の効果を表す係数である。

#### (2) 実験材料・方法

土壌は沖縄県石垣市のサトウキビ圃場から採取した島尻マージを用いた。リル侵食試験では2 mmふるい通過土壌にカチオン性のポリジアリルジメチルアンモニウムクロライド (PDADMAC)を混和した土壌を用い、インターリル侵食試験では5 mmふるい通過土壌にノニオン性のポリビニルアルコール(PVA)を混和した土壌を用いた。

**リル侵食 (流水) 試験**：供試土を長さ 50 cm、幅 5 cm、高さ 6.5 cm となるように土壌槽に詰め、高さ 2.5 cm の直角三角形型のリルを成型したのち、毛管飽和させた。土壌槽の角度と流量を変化させながらリル上方から通水し下端で採水することで、複数の掃流力における流出水量と土砂流出量を測定した。

**インターリル侵食 (降雨) 試験**：供試土を長さ 51 cm、幅 36 cm、高さ 6 cm となるように土壌槽に詰め、事前降雨を行い一晩静置した。降雨強度および土壌槽の角度を変化させながら人工降雨を行い、土壌槽下端で表面流を採水することで、インターリル侵食量を算出した。また、

降雨時間の影響を検討するため、土壌槽の角度を7.5°、降雨強度を約45 mmに固定し、3時間わたって5分ごとに表面流を採水し侵食量を算出した。

**せん断強度:** 侵食試験で用いた土壌と同様の土壌を塩ビ管に詰め、毛管飽和させた後、ベーンせん断試験によりせん断強度を測定した。

### 3. 結果

本研究の実験条件においては、高分子(PDADMAC または PVA)の混和量が増加するのにしたがって、土壌のせん断強度は増加した。リル受食係数とせん断強度の関係を Fig. 1 に示す。せん断強度の増加にともなってリル受食係数が直線的に減少した。

インターリル侵食試験の結果を Fig. 2 に示す。ここで、PVA を混和した土壌 (PVA/島尻マーグ 0.0020 g·g<sup>-1</sup>) のせん断強度は 8.5 kPa、混和していない土壌のせん断強度は 5.0 kPa であった。せん断強度が異なる土壌であっても、インターリル受食係数は同程度であった。ここで、降雨継続時間が土壌の受食性に与える影響を検討するため、降雨を3時間継続した際の侵食量の変化を Fig. 3 に示す。PVA を混和していない土壌では、表面流出水量の増加にともない侵食量が増加し、最大値をとったのちに減少した。PVA を混和した土壌では、はじめ侵食量が増加し、その後おおよそ一定の値となった。また、はじめ PVA を混和した土壌の方が混和していない土壌よりも侵食量が小さかったものの、降雨開始から約45分後に大小が逆転した。

### 4. 考察

本研究では、土壌の粒度分布や乾燥密度を固定して実験しているため、高分子の混和によるせん断強度の増加は土粒子間の引力の増加に起因するものと考えられる。そのため、リル侵食においては、土粒子間の引力が大きくせん断強度の大きな土壌では、流水の掃流力が増加しても土砂が剥離しないため、リル受食係数が小さくなったものと結論付けた (Fig. 1)。

降雨による侵食において、PVA を混和していない土壌では、土壌表層の流出しやすい土砂が速やかに流出したこと、降雨の衝撃によりクラストが形成されたことで、侵食量が速やかに減少したものと考えられる (Fig. 3)。一方で、PVA を混和したせん断強度が大きな土壌では、土砂の飛散が抑制されたことに加え、クラストが形成しにくいために侵食量が減少しなかったことが推察される。また、インターリル受食係数は、降雨を長時間継続した際の侵食量から算出されたため、PVA の混和の有無によらず同程度の値となったものと考えられる (Fig. 2)。

### 5. おわりに

本研究から、流水と降雨では土壌の受食性に土粒子間の相互作用が与える影響が異なることが示された。今後は、クラストの形成など、侵食に関わる諸過程への土壌の物理化学性の影響を明らかにすることが土壌侵食の予測技術の発展につながるものと考えられる。

参考文献等

A. Yamaguchi et al, CATENA. 217 (2022) 106506.

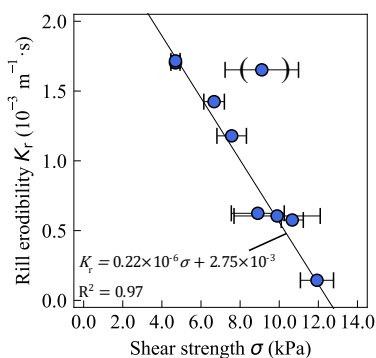


Fig. 1 Rill erodibility vs. shear strength.

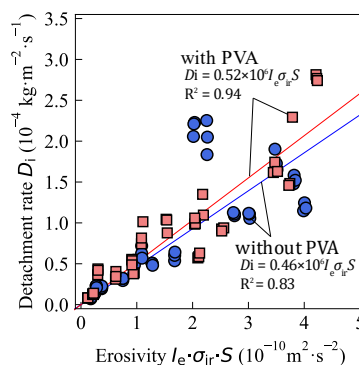


Fig. 2 Results of interrill erosion experiments.

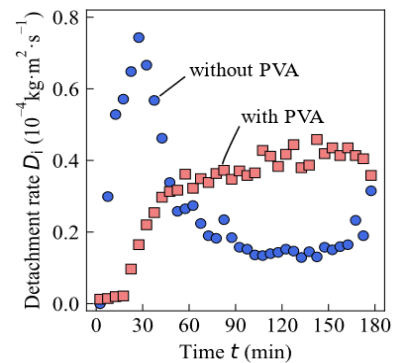


Fig. 3 Detachment rate vs. time.