

高分子を混和した島尻マージの受食性とせん断強度 Erodibility and shear strength of the Shimajiri Maaji soil with a polymer

○山口敦史*, 大澤和敏**

○Atsushi Yamaguchi* and Kazutoshi Osawa**

1. 研究の背景

土壌侵食（水食）は、肥沃な表層土壌を削り取ることで地力の低下を招くとともに、下流域における水質汚染や不適切な土砂の堆積を引き起こす。したがって、侵食抑制対策を行うことは農地や環境保全の観点から重要である。土壌侵食は植生が乏しい地表面が露出した土壌で発生しやすい[1]。裸地に近い土壌で使用できる侵食抑制対策のひとつに、高分子による土壌改良がある。この方法では、高分子が土壌の凝集を促進することで侵食されやすさ（受食性）を減少させる。しかしながら、リル侵食とインターリル侵食それぞれの侵食過程において、土壌の凝集分散挙動を支配する土粒子間の相互作用と土壌の受食性の関係を定量的に研究した例は不足している。

そこで、本研究では、島尻マージに高分子を混和した土壌について、リルおよびインターリル侵食試験を行い受食性を評価した。さらに、高分子の添加による土粒子間の相互作用の変化をせん断強度を指標として調べた。これにより、土壌の受食性と土粒子間の相互作用の関係、および高分子の侵食抑制効果を検討した。

2. 材料と実験方法

【受食性パラメータ】小島ら[2]の実験を参考にして、プロセスベースの侵食シミュレーションモデル WEPP (Water Erosion Prediction Project) で用いられる侵食量の計算式

$$\text{リル侵食} : D_c = K_r(\tau - \tau_{cr}), \quad \text{インターリル侵食} : D_i = K_{ir} \times I_e \times \sigma_{ir} \times S \quad (1)$$

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 τ_{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、 τ 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、 σ_{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。

【材料】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風乾後に使用した。高分子は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, $M_w < 100,000$) と中性のポリビニルアルコール (PVA, $M_w 85,000-124,000$, ケン化度 87-89%) を用いた。全ての実験は、含水比が 5% 増加するように水道水または高分子溶液を混和した土壌を、乾燥密度が 1.42 Mg/m^3 となるように土壌槽に詰めて行った。

【リル侵食】PDADMAC を混和した 2 mm ふるい通過土壌を長さ 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、一晚かけて毛管飽和させた。その後、流量および土壌槽の角度を調節し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リル侵食量を求めた。

【インターリル侵食】PVA を混和した 5 mm ふるい通過土壌を長さ 51 cm, 幅約 36 cm, 高さ 6 cm となるように土壌槽に詰め、事前降雨を行ったのち一晚静置した。降雨強度

*宇都宮大学大学院地域創成科学研究科 **宇都宮大学農学部
キーワード：土壌侵食，土壌の物理化学的性質，土壌改良

および土壌槽の角度を変化させながら人工降雨を行い、地表面流を土壌槽下端で採水することで、インターリル侵食量を算出した。

【せん断強度】土壌のせん断強度をベーンせん断試験により測定した。リルおよびインターリル侵食実験で使用したものと同様の土壌を円柱状のパイプに詰め、一晚かけて毛管飽和させた。土壌上端とブレード上端が一致するようにスピンドルを挿入し、トルクが減少するまで約 0.8 rpm で回転させた。得られた最大トルクからせん断強度を算出した。2 mm ふり通過土壌では高さ 20 mm、幅 10 mm のスピンドルを用い、5 mm ふり通過土壌では高さ 40 mm、幅 20 mm のスピンドルを用いた。

3. 結果と考察

PDADMAC を添加することで島尻マージのせん断強度が増加した。これは、吸着した PDADMAC の正電荷が島尻マージの負電荷を打ち消すことで電気的な反発力が減少することに加えて、PDADMAC が複数の土粒子にまたがって吸着する架橋作用が働くためだと考えられる。Figure 1 にリル受食係数とせん断強度の関係を示す。せん断強度の増加にともなってリル受食係数が減少した。このことから、土粒子間の引力が大きいほどリル受食係数が小さくなることが示された。また、グラフからリル受食係数はせん断強度の一次関数として近似できることが示唆された。

Figure 2 にインターリル侵食実験の結果を示す。PVA 無添加と PVA 添加時 (PVA/島尻マージ $0.0020 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$) では、インターリル受食係数 (回帰直線の傾き) に顕著な変化はみられなかった。ここで、PVA 無添加の島尻マージのせん断強度は 5.0 kPa であり、PVA 添加時は 8.5 kPa であった。これは、PVA の架橋により土粒子間の引力が増加したためだと考えられる。したがって、インターリル侵食においては土粒子間の引力の増加による受食性の減少は認められなかった。ただし、インターリル侵食実験では PVA 添加時に透水性が向上したことから、流出水量を減少させる効果が見込まれる。

以上より、高分子の混和による土粒子間の引力の増加を起源とするせん断強度の増加にともない、リル受食係数は直線的に減少すること、一方でインターリル受食係数は変化しないことが示唆された。リル受食係数とインターリル受食係数ではせん断強度の増加に対して異なる応答を示した理由としては、流水の掃流力と雨滴の衝撃では土粒子に作用する力の大きさと方向が異なるためだと考えられる。

参考文献

- [1] 町田元, 大澤和敏, 松井宏之: 沖縄県のサトウキビ栽培圃場における WEPP を用いた土壌侵食の解析, 土木学会論文集 G(環境), Vol.76, No.5, I_327-I_334, 2020.
- [2] 小島壘, 大澤和敏, 松浦麻希, 藤澤久子, 富坂峰人, 松井宏之: 藻類・菌類による被覆土壌の受食性評価および WEPP による侵食解析, 土木学会論文集 G(環境), Vol.74, No.5, pp233-239, 2018.

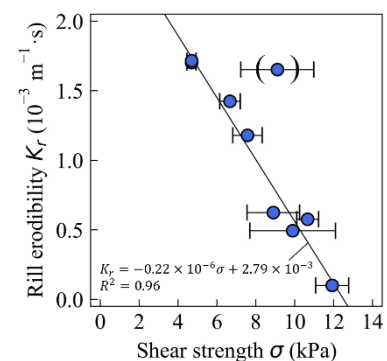


Fig. 1 Rill erodibility vs. shear strength.

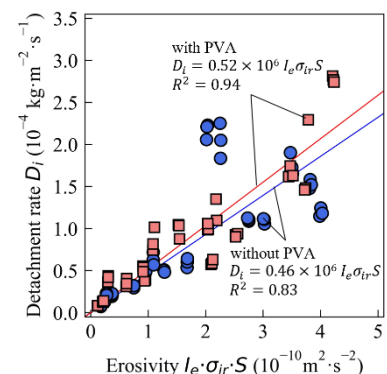


Fig. 2 Results of inter-rill erosion experiments.