

カチオン性高分子電解質を添加した島尻マージのシル受食係数とせん断強度 Rill erodibility and shear strength of a shimajiri maaji soil with a cationic polyelectrolyte

○山口 敦史*, 金敷奈穂**, 石崎弘真**, 大澤和敏 *

○Atsushi Yamaguchi*, Naho Kanashiki**, Hiromasa Ishizaki**, and Kazutoshi Osawa*

1. 研究の背景

流水や降雨の働きによって土壌が削り取られる土壌侵食は、肥沃な表土が失われるだけでなく、下流域の水質の悪化の原因となる。そのため、土壌侵食量を精度よく予測し、効果的な対策をとることが、持続可能な農地保全につながる。

WEPP(Water Erosion Prediction Project)に代表される侵食シミュレーションモデルでは、土壌侵食は小流路で起こるシル侵食と、小流路間で面状に起こるインターシル侵食に分けられる。とくにシル侵食では流水の働きが主な侵食の原因と考えられ、流水の掃流力の増加にともなって侵食量が直線的に増加するものとみなされる。そのため土壌の受食性は、侵食が開始される掃流力である限界掃流力と、掃流力が増加した際の侵食量の増分(傾き)に相当するシル受食係数を用いて表現される。ここで流水による侵食を掃流力による土壌の剥離・運搬過程と捉えれば、土粒子間の相互作用が受食性に影響することが考えられる。既往研究においては、限界掃流力がせん断強度に比例することが報告されている[1]。しかしながら、シル受食係数とせん断強度の関係は明らかになっていない。

本研究では、島尻マージにカチオン性高分子電解質であるポリジアリルジメチルアンモニウムクロライド(PDADMAC)を添加することで、土粒子間の相互作用、ひいてはせん断強度を系統的に変化させながらシル受食係数を測定した。これにより、シル受食係数とせん断強度の関係を検討した。

2. 材料と実験方法

【実験材料と方法】沖縄県石垣島のサトウキビ圃場から採取した島尻マージ2 mmメッシュふるい通過土壌を用いた。実験条件である中性付近で島尻マージは負に帯電する。カチオン性高分子電解質として、ポリジアリルジメチルアンモニウムクロライド(Mw<100000, Sigma Aldrich)を用いた。シル侵食実験およびせん断強度測定は、土壌の含水比が5%変化するように水道水またはPDADMAC溶液を噴霧し混和した土壌を乾燥密度が1.42 Mg/m³となるように土壌槽に詰めて行った。

【シル侵食実験】小島らの研究[2]を参考にして、PDADMACを混和した島尻マージを長さ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の直角三角形型のシルを成型したのち、下方より毛管飽和させながら一晩静置した。シル上方から通水しシル下端で採水することで、流出水量および土砂流出量を測定した。通水は土壌槽の角度と流量を調節することで掃流力を変化させながら行った。流水実験の結果から得られた土砂流出量を掃流力の一次関数として近似することで、限界掃流力およびシル受食係数を得た。

* 宇都宮大学農学部 **宇都宮大学大学院地域創成科学研究科

キーワード: 土壌侵食, コロイド・粘土, 土壌の物理化学的性質

【せん断強度】高さ 50 mm，内径 31 mm の硬質ポリ塩化ビニル管に PDADMAC を混和した島尻マーヅを詰め，下方より毛管飽和させながら一晚以上静置した．この土壌のせん断強度を，トルクドライバー（東日製作所）にベーン（高さ 2 cm×幅 1 cm，誠研舎）を組み合わせた装置を用いて測定した．ベーン上端と土壌表面が一致するように土壌にベーンを挿入し，約 0.08 rpm で回転させた．これにより，土壌が降伏した際のトルクを測定した．さらに，トルクからせん断強度を算出した．

3. 結果と考察

PDADMAC を添加した島尻マーヅのせん断強度を Fig. 1 に示す．PDADMAC の添加量が増加するのにしたがって，せん断強度が増加している．また，事前に行った沈降実験では，質量比が 0.0010～0.0030 付近で顕著な凝集・沈降が観察された．このことから，せん断強度が増加した原因として，正に帯電した PDADMAC が吸着したことで島尻マーヅの負電荷が打ち消され静電的な反発力が減少したことに加えて，PDADMAC の添加量が大きく荷電反転が起こった条件であっても PDADMAC による架橋作用によって土粒子間の引力が増加したことが考えられる．

リル受食係数をせん断強度に対してプロットしたグラフを Fig. 2 に示す．グラフから，せん断強度が増加するのにしたがってリル受食係数が減少することが分かる．これは，土粒子間の引力が大きくなることで，流水の掃流力に対する耐性が増大し，土壌塊から剥離する土粒子が減少したためであると考えられる．一方で，限界掃流力には，既往研究で報告されていたような比例関係は見られなかった（図なし）．これは，限界掃流力を近似直線の切片として求めているために，測定精度が低いためであると考えられる．本研究で最も侵食を抑制した条件である質量比 0.0040 では，PDADMAC 無添加の系に比べ受食係数が 92%減少した．ここで，PDADMAC の添加による有機物量の増加を考慮して WEPP で用いられる経験式からリル受食係数を計算すると，PDADMAC 添加と無添加の場合で差異が 1%未満となり，本研究におけるリル受食係数の変化を表現することはできない．一方で，せん断強度はリル受食係数の変化を捉えられていることから，せん断強度は高分子電解質の添加によるリル受食係数の変化を予測する指標として使用できる可能性が示唆された．

参考文献

- [1] J. Léonard, G. Richard, Estimation of runoff critical shear stress for soil erosion from soil shear strength, *Catena*. 57 (2004) 233–249. doi:10.1016/j.catena.2003.11.007.
- [2] R. Kojima, K. Osawa, M. Matsuura, H. Fujisawa, M. Tomisaka, H. Matsui, Identification of soil erodibilities for an application of wepp model with biological ground cover by algae and fungi, *J. Japan Soc. Civ. Eng. Ser. G (Environmental Res.)* 74 (2018) I_233-I_239. doi:10.2208/jscej.74.I_233.

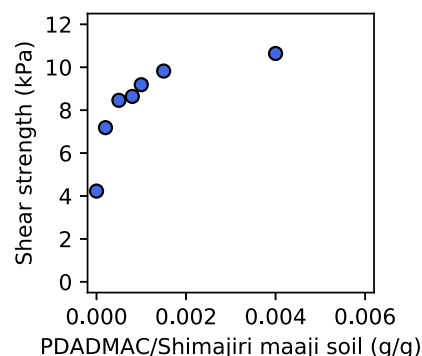


Fig. 1 Soil shear strength vs. weight ratio of PDADMAC to shimajiri maaji soil. Soil shear strength was measured at least 3 times for each condition and average values are plotted.

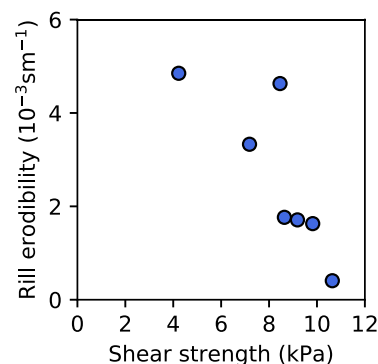


Fig. 2 Rill erodibility vs. shear strength.