

水食における土壌の受食性の制御に向けたコロイド化学の援用 Controlling a water erosion erodibility of a soil with colloid chemistry

○山口 敦史*

○Atsushi Yamaguchi*

1. 講演者の略歴と本講演の内容

講演者は宇都宮大学にて日本学術振興会特別研究員 PD として、コロイド化学を援用した土壌の受食性の研究を行っている。その背景には、2020年3月まで筑波大学の博士課程に在籍し、コロイドシリカとタンパク質（リゾチーム）のヘテロな混合懸濁液における粒子間相互作用や流動特性に関する研究に従事した経験がある。本講演では講演者のこれまでの研究や既往研究を参照しつつ、コロイド化学と土壌侵食のつながり、コロイド化学の視点を取り入れた侵食抑制および侵食シミュレーションの高度化に向けた試みを紹介する。

2. 水食における土壌の受食性とコロイド特性

降雨や流水の働きで土壌が流出する水食が農地で発生すると、肥沃な表層土壌が流出するために土地の劣化の原因となる。さらに、流出した土砂は栄養塩や農薬などを吸着したまま移動するため、下流域では土砂の堆積や水質汚染が引き起こされる。そのため、持続的な農地・環境保全を行うためには、水食を抑制する必要がある。実際の農地では土壌や気象条件が千差万別であり、適切な水食対策は場所により異なる。このような場合、事前に各地の条件に合わせて土壌侵食量と侵食対策の効果を予測・評価し、適切な対策を提案することが有効である。

土壌侵食量の予測には、シンプルで適用事例が最も多い USLE (Universal Soil Loss Equation) や、より侵食プロセスに則した土壌侵食・流域解析モデルである WEPP (Water Erosion Prediction Project) などの侵食シミュレーションモデルが利用される。USLE と WEPP では土壌の受食性を表すパラメータを圃場試験などを通して実験的に定めるか、粒度や有機物含有量などから経験的な式を用いて算出する必要がある。ただし、実験的な手法には適切な設備と多大な労力を必要とし、経験式は構築する際に用いられたアメリカ合衆国の圃場以外への適用性が不確かである。したがって、受食性に関わる土壌の性質を抽出し、より侵食の物理的なプロセスに依拠した経験式や理論モデルを構築することで、地域や土壌の管理手法によらず精度の高い侵食予測が可能になると考えられる。

受食性に関わる土壌の性質に土壌のコロイド特性が挙げられる。これまで土壌のコロイド特性に着目した水食抑制の研究に、土壌の交換性ナトリウム率や雨滴の電気伝導度の影響を検討した研究[1]や、ポリアクリルアミド (PAM) と石膏の添加の影響を調べた研究[2]がある。これらの研究では、粒度や有機物含有量が大きく変化していないにも関わらず、適切な条件のもとでは侵食が抑制された。これは、土壌と雨滴のイオン組成が変化したことや、アルミニウム化合物や PAM が土粒子間を架橋したことで、土粒子間の引力が増加し雨滴の衝撃や流水の掃流力に対する耐性が増加したためであると考えられ、土粒子間

* 宇都宮大学農学部 日本学術振興会特別研究員 PD

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

の相互作用が受食性と密接に関係していることを示している。このように土壌のコロイド特性に着目した水食対策が検討されてきた一方で、土粒子間の相互作用を既存のシミュレーションモデルに適応可能な形で受食性と結び付けた研究は不足している。そこで、土壌の凝集分散挙動と WEPP のリル受食係数とを関連付けた研究を紹介する。

3. リル受食係数とせん断強度

WEPP において、水食は小流路で起こるとリル侵食と、小流路間で面状に起こるインターリル侵食に分けられる。とくにリル侵食では流水の掃流力が主な侵食の原因であると考えられ、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、侵食が始まる掃流力である限界掃流力と、掃流力の増分に対する侵食量の増分（傾き）に相当するリル受食係数を用いて表現される。これまで、土粒子間の相互作用と関係が深いせん断強度と限界掃流力の間に比例関係が成り立つことが報告されていた[3]。しかし、せん断強度とリル受食係数との関係は十分明らかになっていない。そこで、島尻マージ（沖縄県石垣島）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, $M_w < 100000$) を添加することで、土粒子間の相互作用を系統的に変化させながらせん断強度とリル受食係数の関係を調べた。

島尻マージ懸濁液に PDADMAC を添加した際の懸濁液の様子を Fig. 1 に示す。写真から PDADMAC と島尻マージの質量比が 0.0010~0.0030 の範囲で顕著に凝集・沈降していることが分かる。これは、中性付近で負に帯電している島尻マージに正に帯電した PDADMAC が吸着し荷電中和が起きることで引力が支配的になり、さらに PDADMAC の添加量が増えると荷電反転し反発力が働くようになるためだと考えられる。この結果を受けて、PDADMAC と島尻マージの質量比が 0.0000~0.0040 の範囲でリル侵食実験およびせん断強度測定を行った。その結果を Fig. 2 に示す。せん断強度は PDADMAC の添加量が増加するのにしたがって増加した。グラフから、せん断強度が増加するとリル受食係数が減少することがわかる。これは、PDADMAC の添加によって土粒子間の引力が増加することで、土粒子の剥離が抑制されたためであると考えられる。この結果は、土粒子間の相互作用がリル受食係数を決める要因の一つであることを示している。また、せん断強度測定はリル侵食実験に比べて簡易に行えることから、土壌改良材の効果を効率的に評価することに使用できる可能性がある。



Fig. 1 Photograph of shimajiri maaji soil suspensions with PDADMAC. The weight ratio of PDADMAC to shimajiri maaji soil is shown at a cap.

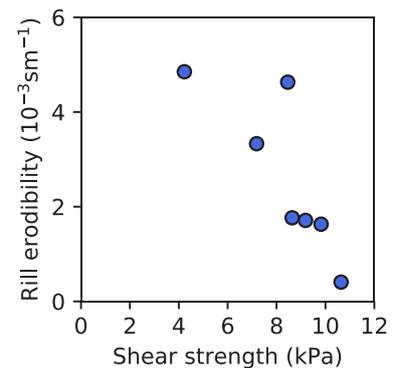


Fig. 2 Rill erodibility vs. shear strength of shimajiri maaji soil with PDADMAC.

参考文献

- [1] M. Agassi et al., Effect of drop energy and soil and water chemistry on infiltration and erosion, *Water Resour. Res.* 30 (1994) 1187–1193. doi:10.1029/93WR02880.
- [2] T. Nishimura et al., Effect of gypsum and polyacrylamide application on erodibility of an acid Kunigami mahji soil, *Soil Sci. Plant Nutr.* 51 (2005) 641–644. doi:10.1111/j.1747-0765.2005.tb00081.x.
- [3] 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.