

## プロセス型水食モデルの日本への適用とその展開

## Process-based soil erosion model: implementation and further development in Japan

○西村 拓<sup>1</sup> 大澤 和敏<sup>2</sup>○Taku Nishimura<sup>1</sup>, Kazutoshi Osawa<sup>2</sup>

## 1. はじめに

土壌は、農地における生産基盤としてだけではなく、多くの生態系サービスを提供している。FAOのSoil Functionsのサイトでは、農業生産の維持以外に洪水緩和、遺伝資源他11の土壌の生態系サービスが示されている。一方で、農地、特に畑地における土壌侵食は、農地劣化の主因の一つである。米国では、1930年代にBennettの提唱等によって侵食研究に注力され始めたが、90年たった今でも深刻な問題である。さらに、近年、侵食に伴い土壌中の有機炭素が分解されやすくなり、CO<sub>2</sub>発生を促進することが指摘されている(Lal,2019)。

## 2. 日本における課題

日本の農業は、農地の汎用化、大規模化を目指して変化している。営農効率としては必然であるが、農地の受食性の見地では、必ずしも良いとは言えない。水田であった農地が畑地利用されることで、言うまでもなく水食リスクが増すことになる。若干でも傾斜した粗放的な管理な農地では、労働集約的な細やかな保全対策は困難になる。さらに、農村地域の人口が減少すれば、選択と集中で、保全すべき地点を合理的に選ぶ必要が生じる。年間降雨日数が100を超え、年降水量が1500mmを超える(1920-2019, 東京)湿潤多雨な日本では、降雨過剰による地表面流出に起因する水食が今後の気候変動の中でもリスクとなる。

## 3. 統計(Universal Soil Loss Equation)からプロセス重視へ

代表的な水食モデルとしてUSLE(Wischmeier and Smith 1978)がある。これは、上で触れた1930年代から継続的に実施されてきた侵食枠試験の結果を統計処理して作った経験モデルである。改良版(RUSLE, RUSLE2 (USDA-ARS 2013))が世界中で広く使われている。ただし、RUSLEは、降雨パラメータの算出が不適切で侵食量の過小評価が生じるため、現在はRUSLE2の使用が推奨されている。USLEは、構造がシンプルで適用が容易であるため、日本をはじめ世界中で広く使われてきた一方で、米国外への適用に疑問があることも事実であり、たとえば台湾では、自国の環境に合わせたパラメータセットを作成している。

USLE系モデルは、農地圃場から発生する年単位の侵食量を推定するという元々のモデルから、GISや水文モデルと組み合わせて農耕地圃場群からでの侵食を扱うことが可能になっている。しかし、近年顕在化している「短時間高強度の降雨頻度の増大と、それにもかかわらず、年間降水量は変わらない」という傾向は、経験式であるUSLEでは対応しきれない可能性が懸念される。

USLEのような統計モデルではなく、降雨の流出と土粒子の剥離・輸送・堆積をそれぞれ数

1 東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School Agricultural and life Sciences, The University of Tokyo, 2 宇都宮大学 農学部 School of Agriculture, Utsunomiya University  
キーワード 水食, 予測モデル, 気候変動, プロセスモデル

式で表現したプロセスモデルの開発が1990年代から行われてきた。USLE系モデルの代替となるためには、同程度の侵食量予測能力が求められるが、プロセスモデルの本質的な特徴は、降雨毎の侵食の評価や圃場内外で生じる土砂流亡・堆積の時空間変動を表現できることである。さらに、USLE系モデルで、統計解析の結果として降雨エネルギーを侵食量を説明する主要な変数の一つとして採用したが、リル・ガリなどを生じる加速侵食においては、侵食は地表面流去水の水理学的作用で切削・運搬されるため、降雨エネルギーよりも降雨強度が重要になると考えられる。今後頻度が増える高強度短時間の豪雨による侵食を議論するためにも、プロセスモデルが必要となる。

プロセスモデルの代表的なものとして米国農務省で開発したWEPP(Flanagan et al. 2007)、英国のCranfield大学で作られたEUROSEM等がある。他のモデルを含めて、いずれのプロセスモデルであっても、設定が必要なパラメータの数が非常に多いため、それぞれのパラメータの信頼性・不確実性が課題となる(Brazier et al. 2000)。また、室内実験や圃場実験で必要なパラメータの全てを得ることは現実的ではないため、比較的容易に入手できる土壌、気象、地形等のパラメータについては、それらを使い、さらに、実測した降雨流出、土壌流亡のデータを用いてモデルパラメータをチューニングするような作業が必要になると考えられる。

#### 4. 何が可能になったか

本セッションを企画したグループは数年来、日本国内におけるプロセス型水食モデルの実装について検討してきた。対象としてはWEPP, GeoWEPPという米国農務省の研究所が中心になって構築したモデルパッケージを選んだ。これについて、日本へのローカライゼーションとして、①気象官署の降雨データの利用可能性、②日本の土壌を考慮した土壌パラメータの選定や決定方法、③栽培管理体系の考慮に加えて、④将来降雨データ特に短時間降雨特性の検討、⑤数多いモデルパラメータの鋭敏性の評価方法、⑥流出水量から透水性を決める方法といった汎用性のある部分についても検討を進めてきた。これらの成果は、本セッションの話題の他、本学会の過年度、本年度の大会発表がある。過年度については、下記がある。

町田, 大澤(2021) 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: 農業農村工学会大会講演会講演要旨集 (1-39R)

石崎他(2020) WEPPの日本における適用性向上を目指した土壌の侵食性の評価: 農業農村工学会大会講演会講演要旨集 (R-87)

これらの成果の公開や活用の方法など課題は多いが、企画セッションでは、これまでに達成されてきたことをお示しして、普及にあたって何が必要であるか等、意見をいただきたい。

また、プロセス型水食モデルが降雨毎の侵食量を評価できる点に着目し、圃場や室内で行った侵食枠試験の結果を整理することにも活用できるという部分についても紹介する。

参考文献: Brazier et al. (2000) Equifinality and uncertainty in physically based soil erosion models Application of the glue methodology to WEPP-the Water Erosion Prediction Project for sites in the UK and USA, Earth Surf. Process and Landforms, 25:825-845, Flanagan et al. (2007) Water erosion prediction project (WEPP): Development History, Model Capabilities and Future Enhancement, Trans. ASABE 50(5):1603-1612. Lal,(2019) Accelerated Soil erosion as a source of atmospheric CO<sub>2</sub>, Soil and Tillage 188:35-40. RUSLE2 <https://www.ars.usda.gov/southeast-area/oxford-ms/national-sedimentation-laboratory/watershed-physical-processes-research/research/rusle2/revised-universal-soil-loss-equation-2-overview-of-rusle2/> Wischmeier and Smith (1978) Agriculture Handbook No. 282 ( <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>)