

WEPP の日本における適用性向上を目指した土壌の受食性の評価 Estimation of soil erodibility for improvement of WEPP model applicability in Japan

○石崎 弘真* 大澤 和敏** 松井 宏之**
○Hiromasa ISHAZAKI*, Kazutoshi OSAWA**, Hiroyuki MATSUI**

1. 背景と目的

日本国内では土壌侵食(水食)が問題となっており、農地における侵食量の予測手法の確立が求められている。米国農務省で開発された WEPP(Water Erosion Prediction Project)¹⁾は、営農管理、気象、土壌、地形の入力要素から侵食量を予測するプロセスベースモデルである。WEPP の土壌入力データにおいて、粒度等の物理的特性と土壌固有の受食係数を用いる。受食係数は、雨滴の衝撃による受食性をインターリル受食係数 K_{ib} 、流水による受食性をリル受食係数 K_{rb} および限界掃流力 τ_{cb} で表現している。受食係数は、侵食試験によって求めた試験値を用いるのが理想的であるが、試験値が得られていない場合には、粒度等を変数とした推定式から得た推定値を用いる。町田ら²⁾は、沖縄県の土壌の受食係数について検討した結果、推定値は適切でないことを報告している。また WEPP の粒度区分には USDA 法が用いられており、国際法で整備された国内の土壌データベースを用いて計算を行うことができない。そこで本研究では、WEPP の日本における適用性向上を目指し、国際法から USDA 法への粒度区分の変換式および新たな受食係数の推定式を提案し、日本国内の侵食量分布を評価することを目的とした。

2. 方法

【供試土壌】東海林ら³⁾が取りまとめた 9 種の国内土壌(福島県 3 種、栃木県 1 種、群馬県 1 種、沖縄県 4 種)に加え、北海道津別市(黒ボク土)と群馬県太田市(黒ボク土)の 2 種の土壌を用いた侵食試験や粒度分析を行い、計 11 土壌を本研究の供試土とする。また、WEPP における既存の推定式(以降、既存式)の構築のために測定された米国土壌 33 種の受食係数や物理的特性を用いる。

【粒度区分の変換式】国際法と USDA 法では砂とシルトの粒径区分が異なる。供試土壌 11 種を用い、国際法の粒度から USDA 法の粒度を推定する式を作成する。Microsoft Excel のソルバー機能を用い、誤差評価指標の NSE (Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient)が最大になるような関数を定める。

【既存の受食係数推定式の評価】既存式から得られる受食係数の推定値と試験値を比較する。また、推定値と試験値を WEPP に入力し、侵食量を比較する。なお、土壌以外の解析条件として、気象は那覇市における 100 年分の仮想気象データ⁴⁾、地形は斜面長 100m、勾配 3%、営農管理は裸地とした。

【新たな受食係数推定式の検討】以下の 3 通りの方法で受食係数の推定式を構築し、既存式と併せて比較することで新たな受食係数の推定式を決定する。既存式の関数形は変えず係数のみを変更した推定式(方法 A)、10 変数を対象とした変数増減法による重回帰式(方法 B)、20 変数を対象とした単相関から選抜した変数による重回帰式(方法 C)。誤差評価指標には NSE を用いた。

【新たな受食係数推定式の日本全国への適用】日本国内の 46 地点を対象に、本研究で構築した粒度区分の変換式を用いて、既存式による侵食量と新たな推定式による侵食量を比較した。気象は各地の 100 年分の仮想気象データ⁴⁾とし、地形は斜面長 100m、勾配 3%、営農管理は裸地とした。また、土壌は日

*宇都宮大学大学院地域創成科学研究科 (Graduate School of Regional Development and Creativity, Utsunomiya University)

**宇都宮大学 農学部 (School of Agriculture, Utsunomiya University)

キーワード：土壌侵食、WEPP モデル、粒度区分

本土壤協会の国際法の粒度データを用い⁵⁾、各気象観測所に近い土壌を無作為に選んだ。

3. 結果と考察

【粒度区分の変換式】得られた変換式を Table 1 に示す。

USDA 法による砂の含有率を国際法による砂とシルトの含有率の2変数から推定する式のNSEが最大となった。

【受食係数既存式の評価】

WEPP で解析した侵食量を

Fig.1 に示す。既存式を用いた

日本土壌(●)と米国土壌(×)は、同程度 (NSE0.6 程度) となった。しかし、既存式のNSEに着目すると (Table 1), K_{ib} と τ_{cb} は、米国土壌よりも推定精度が著しく低いため、物理的な侵食過程を十分に表現できていない可能性がある。

【新しい受食係数推定式の評価】4種の推定式から選出された新たな受食係数の推定式を見ると (Table 1), K_{ib} と τ_{cb} の精度は既存式の精度より大きく改善し, K_{rb} はわずかに改善した。WEPP で解析した侵食量を見ると (Fig.1), 新たな推定式による侵食量(○)のNSEは0.48, 既存式による侵食量(●)のNSEは0.59となり, 精度は低下したが, 受食係数の精度は向上しているため, 物理的な侵食過程を適切に表現していると考えられる。

【日本全国の侵食量分布】新たな推定式による侵食量は, 多くの地域で既存式より大きく推定した (Fig.2)。これは, τ_{cb} の値が小さくなり, 受食性が增大したことが主要因である。一方, 侵食量が小さくなった地域も少数あった。これらの土壌は砂が少なく粘土が多い土壌であり, τ_{cb} の値が大きく変わらず K_{ib} と K_{rb} の値が小さくなったためであった。

4. 結論及び今後の課題

既存の国際法による粒度データを USDA 法の粒度区分への変換式を構築した。また, 日本土壌に既存式を用いた場合, 受食係数の推定精度は低かったのに対し, 構築した新たな推定式は, 推定精度が改善され, 物理的な侵食過程を適切に表現可能になった。さらに, 既存式を用いると, 侵食量を過小評価する傾向にあった。本研究で提案した変換式や推定式は, WEPP の日本における適用性向上に資すると期待される。今後は現地の実測データを収集し, 新たな推定式の推定精度を確かめる必要がある。

引用文献

- 1) Nearing et al.: A Process-Based Soil Erosion Model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology, Transactions of the ASAE, 32(5), pp.1587-1593,1989.
- 2) 町田ら: 沖縄県における赤土流出の解析を目的とした WEPP モデルの適用性の向上, 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.350-351, 2019.
- 3) 東海林ら: WEPP による侵食解析に用いる日本国内の土壌特性の検討および気候変動の影響評価, 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.344-345, 2019.
- 4) 大澤ら: 日本で WEPP モデルを適用するための気象入力データ自動作成プログラムの構築と活用, 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 2016.
- 5) 日本土壌協会「地力保全土壌図データ CD-ROM」https://www.japan-soil.net/PUBLI/cdrom/cdrom_info.pdf, 2006(最終閲覧日:2020/2/5).

Table 1 構築した受食係数推定式の評価

種別	推定式	NSE	RMSE
粒度区分	変換式 $Sand_{US} = 0.960 Sand_{int} - 0.143 Silt_{int} - 0.074$	0.923	0.06
K_{ib} ($kg \cdot s \cdot m^{-4}$)	既存式 $Sand_{US} \geq 30\% : K_{ib} = 2728000 + 1921000 v_{fs}$	-136.53	4.2×10^6
	$Sand_{US} < 30\% : K_{ib} = 6054000 - 5513000 Clay_{US}$	(-1.88)*	
	方法 C $K_{ib} = 1.18 \times 10^6 Clay_{US} + 1.98 \times 10^6 e^{-5.73 Silt_{US}} + 3.11 \times 10^5$	0.27	3.1×10^5
K_{rb} ($s \cdot m^{-1}$)	既存式 $Sand_{US} \geq 30\% : K_{rb} = 0.00197 + 0.03 v_{fs} + 0.03863 e^{-184 orgmat}$	0.24	0.003
	$Sand_{US} < 30\% : K_{rb} = 0.0069 + 0.134 e^{-20 Clay_{US}}$	(0.08)*	
	方法 A $Sand_{US} \geq 30\% : K_{rb} = 0.00399 + 0.016 v_{fs} + 0.08140 e^{-533 orgmat}$	0.27	0.003
τ_{cb} (Pa)	既存式 $Sand_{US} \geq 30\% : \tau_{cb} = 2.67 + 6.5 Clay_{US} - 5.8 v_{fs}$	-9.03	2.21
	$Sand_{US} < 30\% : \tau_{cb} = 3.5$	(0.35)*	
	方法 C $\tau_{cb} = 2.55 clay - 0.439 \ln(Sand_{US}) - 0.134$	0.77	0.33

*()内の数値は米国土壌に適用したときのNSE

$Sand_{US}$, $Silt_{US}$, $Clay_{US}$: USDA法による砂, シルト, 粘土の含有率(0-1), v_{fs} : 極細砂の含有率(0-1), $Sand_{int}$, $Silt_{int}$, $Clay_{int}$: 国際法による砂, シルト, 粘土の含有率(0-1), $orgmat$: 有機物含有率(0-1)

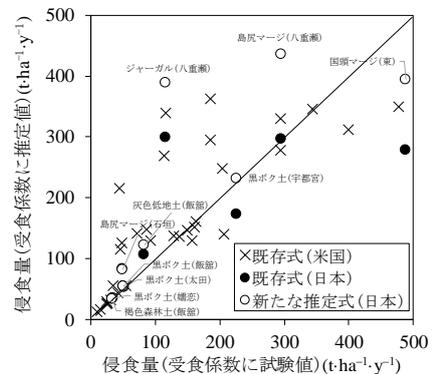


Fig.1 受食係数に試験値を用いた侵食量と推定値を用いた侵食量の関係

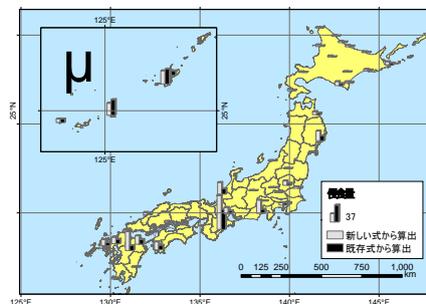


Fig.2 日本全国の侵食量分布