

## 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

### Analysis of soil characteristics and climate change in Japan for using the WEPP model

東海林 光\* ○大澤 和敏\*\* 町田 元\*\*\* 西村 拓\*\*\*\* 松井 宏之\*\*

Hikaru SHOJI\*, ○Kazutoshi OSAWA\*\*, Gen MACHIDA, Taku NISHIMURA\*\*\*\*, Hiroyuki MATSUI\*\*

#### 1. 背景と目的

世界各地で土壌侵食が問題となっている。水食を予測するための解析モデルとして、WEPP(Water Erosion Prediction Project)が挙げられる。WEPPはUSDA(アメリカ農務省)によって開発された水食による土壌侵食量を予測するプロセスベースのモデルである。WEPPに入力する条件として作物管理条件、気象条件、土壌条件、土地の形状などの項目がある。WEPPに入力する土壌条件には受食係数という、土壌の受食性を表す指標があるが、日本国内の土壌に対して係数の実測や検証の事例はほとんどない。このことから、受食係数の実測により予測値の確度が向上する可能性があると考えられる。そこで本研究では、日本国内の土壌を対象とした受食係数の収集・実測及び土性との関係性の検討、及び気象統計値に気候変動を考慮した気象予測データを組み込むことで将来の日本国内における水食の危険性の評価を目的とする。

#### 2. 研究方法

【**受食係数の測定**】受食係数には、流路での流水による土壌の受食性を表すリル受食係数  $K_{rb}$ 、限界掃流力  $\tau_{cb}$  及び流路間の斜面における土壌の受食性を表すインターリル受食係数  $K_{ib}$  がある。本研究では、日本各地の土壌を対象に  $K_{rb}$ 、 $\tau_{cb}$ 、 $K_{ib}$  を算出する。供試土壌は、群馬県の黒ボク土、栃木県の黒ボク土、福島県の黒ボク土、褐色森林土、灰色低地土、沖縄県の国頭マーヅ、島尻マーヅ、ジャージャーガルである。受食係数の測定は小島ら(2018)が行った室内試験に準拠する。インターリル受食係数は供試土を充填した土壌槽に対して降雨装置(レインカーテン、テクノコア社)による模擬降雨によって発生する土壌侵食量、土壌槽の傾斜及び降雨強度から算出する。リル受食係数は、供試土を充填した土壌槽の表面に作成した流路に発生させた水流による土壌侵食量、土壌槽の傾斜及び水流の流量から算出する。各受食係数の算定には以下の式を用いる。

$$D_i = K_{ib} \cdot I \cdot \sigma \cdot S \quad (1) \quad D_f = K_{rb} \cdot (\tau_f - \tau_{cb}) \quad (2)$$

ここで、 $D_i$ : インターリル侵食量( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、 $K_{ib}$ : インターリル受食係数( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{s}$ )、 $I$ : 降雨強度( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )、 $\sigma$ : 流出高( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )、 $S$ : 傾斜を考慮した係数、 $D_f$ : リル侵食量( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )、 $K_{rb}$ : リル受食係数( $\text{s} \cdot \text{m}^{-1}$ )、 $\tau_f$ : 表面流の掃流力(Pa)、 $\tau_{cb}$ : 土粒子の限界掃流力(Pa)である。

【**WEPP を用いた水食量の将来予測**】測定した群馬県嬬恋の黒ボク土の受食係数及び長野県軽井沢の気象統計値を用いて日本国内の水食量の将来予測を行う。なお、気候変動を考慮した気象予測データとして、MarkSim DSSAT weather generator (MarkSim)を用いる。MarkSimとは国際農業研究協議グループが提供している、降水量、最高気温、最低気温、日射量の4項目を日単位で生成する気象シミュレータ(Joseph et al., 2016)である。MarkSimによるシミュレーションに各RCPシナリオの影響を反映させ、それを気象統計値に組み込むことで将来の気象予測値を作成する。また、WEPPの侵食シミュレーション

\* 宇都宮大学 農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Utsunomiya University)

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

\*\*\* 宇都宮大学 大学院地域創生科学研究科 (Graduate School of Utsunomiya University)

\*\*\*\* 東京大学 大学院農学生命科学研究科 (Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo)

キーワード: 農地保全, 土壌侵食, WEPP, 受食性, 気候変動

の条件は斜面長 100m, 傾斜 3%の地形条件で行う。

### 3. 結果と考察

本研究で実測及び収集した各土壌の受食係数を **Table 1** に示す。3 種の黒ボク土の値を比較すると、 $K_{ib}$  の値が最大で約 5 倍、 $K_{rb}$  の値が最大で約 3 倍の差があることが分かる。一方、 $\tau_{cb}$  の値は同等であった。このように、黒ボク土でも受食係数は大きく異なっている。この理由として、粒度組成等の土性の差異による影響が考えられる。受食係数と土性間の相関関係を t 検定で検定したところ、 $p$  値が 0.05 を下回っているのは限界掃流力( $\tau_{cb}$ )と砂の関係(負の相関)及び限界掃流力と粘土の関係(正の相関)の 2 つであった(**Fig. 1**)。また、t 検定では有意な相関が得られなかったが、インターリル受食係数( $K_{ib}$ )は、シルトや粘土の割合と正の相関、リル受食係数( $K_{rb}$ )は、粘土の割合と負の相関が見られた。インターリル侵食( $K_{ib}$ )に関しては、雨滴による土粒子の剥離が微細な粒子で顕著であったこと、リル侵食( $K_{rb}$ ,  $\tau_{cb}$ )に関しては、粘土の割合が大きくなるにつれて粘着性が增大し、流水による土粒子の剥離が生じにくくなったことが考えられる。

群馬県嬭恋における降水量の将来予測値を **Fig. 2**, 土壌損失量の将来予測値を **Fig. 3** に示す。**Fig. 2** を見ると、全てのシナリオで降水量の経年増加が見られたが、**Fig. 3** を見ると多くのシナリオで土壌損失量の経年減少が見られた。特に、減少量が顕著だったのは、2100 年まで CO<sub>2</sub> 濃度が上昇するシナリオの RCP8.5 であった。この理由として、気温の上昇による土壌表面からの蒸発量の増加及びそれに伴う土壌中の透水性の上昇が考えられる。

### 4. 結論

日本国内における土壌の受食性と土性の関係性を検討した結果、土壌の粒度組成が受食係数に影響を及ぼすことが分かった。また、群馬県嬭恋地域における将来の水食リスクを評価した結果、降水量が増加した際に必ずしも侵食量が増加するとは限らないことが示唆された。

#### 引用文献

Joseph Trotochaud, Dennis C. Flanagan, Bernard A. Engel (2016): A SIMPLE TECHNIQUE FOR OBTAINING FUTURE CLIMATE DATA INPUTS FOR NATURAL RESOURCE MODELS, Applied Engineering in Agriculture. 32(3): 371-381.

小島 壘, 大澤 和敏, 松浦 麻希, 藤澤 久子, 富坂 峰人, 松井 宏之 (2018): 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, pp. I\_233-I\_239.

Table 1 各土壌の受食係数

土壌 (採取場所)	$K_{ib}$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-4}\cdot\text{s}$ )	$K_{rb}$ ( $\text{s}\cdot\text{m}^{-1}$ )	$\tau_{cb}$ (Pa)
黒ボク土 (群馬県嬭恋)	$0.62\times 10^6$ ( $R^2=0.91$ )	$0.46\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.76$ )	0.19 ( $R^2=0.76$ )
黒ボク土 (栃木県宇都宮)	$3.59\times 10^6$ ( $R^2=0.98$ )	$0.62\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.93$ )	0.15 ( $R^2=0.93$ )
黒ボク土 (福島県飯館)	$0.73\times 10^6$ ( $R^2=0.82$ )	$0.24\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.54$ )	0.14 ( $R^2=0.85$ )
褐色森林土 (福島県飯館)	$0.69\times 10^6$ ( $R^2=0.78$ )	$1.22\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.66$ )	0.15 ( $R^2=0.66$ )
灰色低地土 (福島県飯館)	$0.48\times 10^6$ ( $R^2=0.27$ )	$0.15\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.57$ )	0.20 ( $R^2=0.57$ )
国頭マージ (沖縄県東)	$1.22\times 10^6$ ( $R^2=0.69$ )	$0.49\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.74$ )	1.02 ( $R^2=0.74$ )
ジャーガル (沖縄県八重瀬)	$1.12\times 10^6$ ( $R^2=0.67$ )	$0.03\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.42$ )	1.75 ( $R^2=0.42$ )
島尻マージ (沖縄県八重瀬)	$0.59\times 10^6$ ( $R^2=0.81$ )	$0.13\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.59$ )	1.45 ( $R^2=0.59$ )
島尻マージ (沖縄県石垣)	$0.65\times 10^6$ ( $R^2=0.88$ )	$0.05\times 10^{-2}$ ( $R^2=0.33$ )	0.24 ( $R^2=0.33$ )

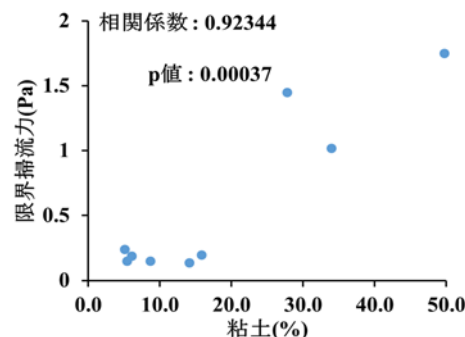


Fig.1 限界掃流力と粘土の関係

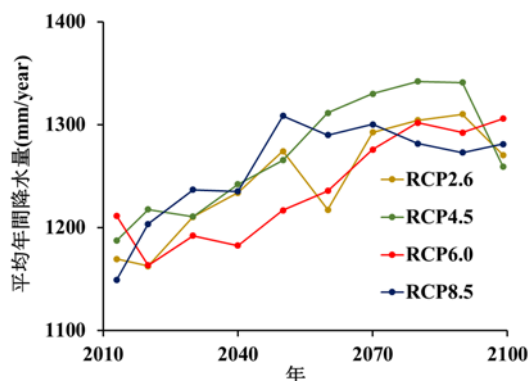


Fig. 2 年降水量の将来予測値(群馬県嬭恋)

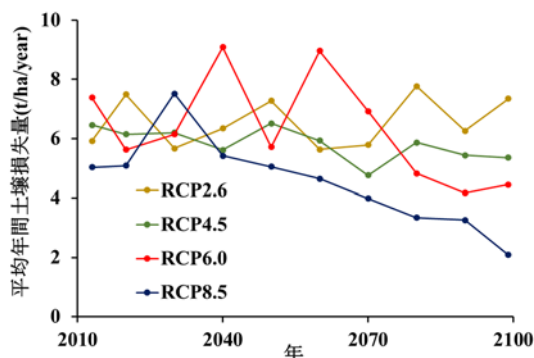


Fig. 3 土壌侵食量の将来予測値(群馬県嬭恋)