

侵食解析モデル WEPP の適用性向上を目的とした粒度試験法の検討

A study on test method for particle size distribution to improve the applicability of WEPP model

○近藤 航樹* 大澤 和敏**
○Kazuki KONDO* Kazutoshi OSAWA**

1. 背景と目的

農地の地力低下や生態系への悪影響を引き起こす土壌侵食は、農業基盤や環境保全等の視点において深刻な問題である。その実態を解析評価するツールとして、米国農務省によって WEPP(Water Erosion Prediction Project)が開発された。WEPP では気象、営農管理、土壌、地形条件を入力することで、土壌侵食の解析を行うことができる。WEPP を日本で適用する際の課題として、土壌条件の入力項目の中でも特に受食係数の決定方法が挙げられる。受食係数には室内試験をもとに得られる試験値を用いる場合と、粒度を変数とする推定式から得られる推定値を用いる場合がある。推定式は米国土壌に適合するように構築されており、町田ら¹⁾は沖縄の土壌について推定値が過大評価されると報告した。石崎²⁾は日本各地の土壌 15 種を対象とした粒度試験・侵食試験の結果から日本土壌に適合する新たな推定式を構築したが、その推定精度には課題が残る。ここで用いられた粒度は複数の試験者によって、また複数の試験法によって得られたものであり、データに一貫性がないことが要因である。そこで本研究では、粒度試験法ごとの結果の特徴、試験者が異なる場合の結果の違い、粒度組成が受食係数推定値に与える影響、粒度組成並びに受食係数が WEPP による解析結果に与える影響を明らかにすることによって、WEPP の適用性を向上させるために有用な粒度試験法を検討することを目的とした。

2. 研究方法

【供試土壌】日本各地の複数土壌のうち、その特徴に違いのある 7 土壌について粒度試験を行い、そのうち粒度組成の特徴に違いのある 4 土壌について WEPP 解析を行った。

【粒度試験法】本研究では JIS A 1204 に基づく比重計法(JIS 法)、土壌粒度分布測定装置 PARIO(METER 社)を用いた懸濁液中の一定水深における圧力測定による測定法(ISP 法)、レーザー回折式粒度分布測定装置 SALD-3100(島津製作所)を用いた懸濁液に照射されたレーザー光の回折/散乱強度パターン検出による測定法(LD 法)の 3 つの方法で試験を行った。3 つの方法に加え、超音波洗浄器(3L MCD-3, アズワン株式会社)を用いた超音波処理(+US)を行った場合の試験も行った。

【受食係数】WEPP デフォルトの推定式(既存式)によって受食係数を算出した。なお、推定式に用いられる変数は、USDA 法による粒径区分による粘土(*Clay*, 粒径 0.002 mm 以下)、砂(*Sand*, 粒径 0.05 ~ 2 mm)、極細砂(*vfs*, 粒径 0.05 ~ 0.1 mm)の含有率、有機物含有率である。

3. 結果と考察

【粒度試験の結果】黒ボク土(宇都宮)について、試験者 A が 3 回、試験者 B、試験者 C がそれぞれ 1 回ずつ測定した粒度組成の平均値と変動係数を **Table 1** に示す。各試験法の変動係数に着目すると、JIS 法と ISP 法は変動係数が大きく、個人差が生じやすいという結果であった。

* 宇都宮大学大学院地域創生科学研究科 (*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：農地保全、土壌侵食、数値解析

試料の前処理が不十分であったことが要因であると考えられる。一方、超音波処理を行った場合、全ての試験法で変動係数は小さくなり試験者によるばらつきは抑えられた。測定した7土壌の結果を比較すると、試験法ごとに固有な特徴が見られた。JIS法は沈降分析とふるい分析の結合で不連続が生じる場合があり、ISP法はふるい分析の誤差がClay含有率に影響を及ぼし、LD法は細粒分を過小評価する傾向が見られた。また、超音波処理によって粗粒分が減少し細粒分が増加する傾向が見られた。

【WEPPによる解析】WEPP解析はTable 2の条件で行った。黒ボク土(宇都宮)について、Table 1の粒度組成と既存式による受食係数を入力値として行ったWEPP解析結果をTable 3に示す。試験者が異なることで同一の試験法であっても最大で1.9倍の差が生じた。超音波処理によって試験者による差は小さくなったが、侵食量はいずれも著しく増大した。以上より、超音波処理した粒度組成をWEPPの土壌の入力値として用いるのは適切ではないと考えられる。一方、超音波処理をした粒度試験結果は、ばらつきが小さく(Table 1)、受食係数の推定に用いる変数としては適していると考えられる。WEPP解析を行った4土壌について、各試験法で測定した粒度と既存式による受食係数を入力値として行ったWEPPの解析結果をTable 4に示す。試験法の違いによって最大で4.8倍の侵食量の差が生じた。また、受食係数に試験値を用いて解析を行った結果、Sand含有率が大きい土壌ほど侵食量のばらつきやすくなる結果が得られた。砂分の多い土壌ほど慎重な粒度測定が必要であると考えられる。

4. 結論及び今後の課題

粒度試験では試験者や試験法の違いによって粒度組成の特徴が異なり、試料の前処理が不十分な場合に差が生じやすいことがわかった。その個人差は超音波処理によって打ち消すことができる。また、JIS法とLD法では改善が困難な特徴が見られたが、ISP法では丁寧なふるい分析をすれば再現性の高い結果が得られることが示唆された。測定された粒度組成を用いてWEPPによる解析を行った結果、試験者や試験法の違いによって侵食量に顕著な差が生じる場合があることを示せた。特に、超音波処理をした粒度組成を用いた場合、侵食量を大きく見積もる傾向にあり、WEPPの土壌の入力値としては不適切であると考えられる。また、砂分の多い土壌は粒度組成の違いによる侵食量の変動が大きいため、慎重な粒度測定が必要であることが示唆された。今後は、侵食量の実測値とWEPPの解析値の整合性等も確かめる必要がある。また、統一された粒度試験法(例えば、超音波処理を行ったISP法)による粒度組成を用いて受食係数推定式を構築することによって、WEPPの適用性の向上が期待できる。

引用文献

- 1) 町田元, 大澤和敏, 松井宏之: 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, 2019年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.350-351.
- 2) 石崎弘真, 大澤和敏, 松井宏之: WEPPにおける受食係数推定式の更新と推定精度の検証, 2021年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, pp.68-69.

Table 1 黒ボク土(宇都宮)の粒度の平均値
Average particle size of Andosol (Utsunomiya)

	Sand	Silt	Clay	vfs
JIS	47.7 (0.12)	44.6 (0.11)	7.7 (0.22)	17.5 (0.68)
JIS+US	29.8 (0.02)	52.2 (0.01)	18.0 (0.04)	7.0 (0.11)
ISP	43.7 (0.20)	41.2 (0.03)	15.1 (0.58)	11.6 (0.06)
ISP+US	28.0 (0.05)	61.7 (0.02)	10.2 (0.10)	7.9 (0.20)
LD	39.8 (0.09)	56.1 (0.06)	4.0 (0.18)	18.6 (0.06)
LD+US	34.2 (0.04)	53.5 (0.02)	12.4 (0.06)	12.6 (0.10)

各 n = 5, 平均値[%] (変動係数)

Table 2 WEPPの解析条件 Analysis conditions of WEPP

気象	CLIGENによる那覇の100年間の仮想データ
地形	斜面長 100 m, 流下方向における勾配 3%
管理	栽培作物なし(裸地), 畝高: 20 cm, 畝幅: 140 cm 4日に1回の頻度で耕起(受食係数をリセット)
受食係数・粒度・有機物含有率:	本研究と過去の測定値
土壌CEC・アルベド・初期含水率:	WEPPのデフォルト値
有効透水性係数:	粒度等を基に自動で算出される推定値

Table 3 試験者ごとのWEPP解析による黒ボク土(宇都宮)の侵食量 [kg m⁻²]
The amount of erosion of Andosol (Utsunomiya) by WEPP analysis for each tester

	A-1	A-2	A-3	B	C	Max/Min
JIS	13.4	11.3	13.6	8.8	8.1	1.7
JIS+US	29.5	27.4	17.3	27.0	17.4	1.7
ISP	16.7	12.2	10.8	9.7	18.1	1.9
ISP+US	30.7	31.7	27.8	27.3	29.8	1.2
LD	13.1	12.7	14.4	17.9	15.2	1.4
LD+US	19.6	19.6	19.0	19.3	19.8	1.0

Table 4 測定法ごとのWEPP解析による侵食量 [kg m⁻²]
The amount of erosion of 4 soils by WEPP analysis

	JIS	JIS+US	ISP	ISP+US	LD	LD+US	Max/Min
黒ボク土(標茶)	7.5	10.6	3.9	9.9	2.3	11.2	4.8
黒ボク土(宇都宮)	13.4	29.5	16.7	30.7	13.1	19.6	2.3
国頭マーヅ	9.5	27.9	13.4	31.8	13.9	31.5	3.4
ジャージャー	30.0	31.2	31.8	30.2	42.5	43.9	1.5