

## 沖縄地方の土壌を対象とした藻菌類の被覆による侵食抑制対策の評価 Biological Soil Crust Effects to Soil Erosion for Representative Soils in Okinawa

○小島 塁\*, 大澤 和敏\*\*, 松浦 麻希\*\*\*, 藤澤 久子\*\*\*\*, 富坂 峰人\*\*\*\*\*, 松井 宏之\*\*  
○Rui KOJIMA\*, Kazutoshi OSAWA\*\*, Maki MATSUURA\*\*\*, Hisako FUJISAWA\*\*\*\*\*,  
Mineto TOMISAKA\*\*\*\*\*, Hiroyuki MATSUI\*\*

### 1. 背景と目的

沖縄地方では農地の赤土等流出問題が深刻である<sup>1)</sup>。農家負担が比較的小さい新たな土壌侵食抑制対策の一つとして、藻菌類を土壌表面に被覆させ土粒子を巻き込んだコロニーを形成するBSC(Biological Soil Crust)工法がある<sup>2)</sup>。BSCの効果は土壌や地形によって異なり、様々な条件下での検証が必要である。小島ら<sup>3)</sup>は石垣島の島尻マーヅを供試土として室内実験を行い、土壌侵食・土砂流出解析モデル(Water Erosion Prediction Project, WEPP)で用いられている侵食の受けやすさ(受食性)を表す受食係数を同定して侵食シミュレーションを行った。BSCを被覆させた土壌では、裸地に対して80~90%の侵食量を削減することが報告されている<sup>3)</sup>。

本研究では、沖縄地方の主要な土壌<sup>4)</sup>に対するBSCの効果を評価することを目的とする。国頭マーヅ、ジャーガル、沖縄本島の島尻マーヅを供試土として室内実験を行い、侵食係数を同定する。その後、石垣島の島尻マーヅ<sup>3)</sup>の実験データを含めた計4種の土壌を対象としてWEPPの解析を行うとともに、BSCの被覆率と侵食量の関係性を考察する。また、国内の農地設計指針<sup>5)</sup>に採用されている土壌侵食量予測式(Universal Soil Loss Equation, USLE)でBSCの効果を表現するために、WEPPの解析結果を利用しUSLEの受食性の指標である土壌係数 $K$ を推定する。

### 2. 研究方法

土壌侵食では畝等の斜面で生じる面状侵食(インターリル侵食)と流路における土壌の剥離および運搬(リル侵食)が主要素となる。WEPPはこれらの受食性をインターリル受食係数 $K_{ib}[\text{kg}\cdot\text{m}^{-4}\cdot\text{s}]$ 、リル受食係数 $K_{rb}[\text{s}\cdot\text{m}^{-1}]$ 、限界掃流力 $\tau_c[\text{Pa}]$ の3つの受食係数で表し、次式で侵食量を計算する。

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

ここで、 $D_i$ : インターリル侵食量 $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}]$ 、 $I$ : 降雨強度 $[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$ 、 $\sigma$ : 流出高 $[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$ 、 $S$ : 傾斜の補正係数[無次元]、 $D_f$ : リル侵食量 $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}]$ 、 $\tau_f$ : 表面流の掃流力 $[\text{Pa}]$ 。

本研究ではTable 1の条件で行う室内実験によりBSC被覆有り・無しでの受食係数を同定する。BSCの養生は日本工営(株)に委託し、28日間培養した。インターリル侵食実験では降雨装置(レインカーテン、テクノコア)、リル侵食実験では定量ポンプ(FP-600-1515, フロントラボ)を用いて流出水を採水した。両実験の流出土砂量および実験の諸条件から、式(1)(2)より受食係数を同定した。また、インターリル侵食実験ではBSCの剥離が確認されたため、土壌表面の写真と画像処理ソフトウェア(Photoshop CC7.1, Adobe)を用いてBSC被覆率を算出し、侵食量と比較した。

Table 1 室内実験の条件

インターリル侵食実験	
土壌槽	長さ50cm, 幅37cm, 深さ16cm
傾斜	7.5°, 15°
降雨強度	16.1~71.7mm/hのうち4条件
リル侵食実験	
土壌槽	長さ50cm, 幅5cm, 深さ15cm
傾斜	1.5°~25°のうち2条件以上
送水量	0.25~2.5L/minのうち5条件以上

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

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

\*\*\* 山形県 置賜総合支庁置賜農村整備課 (Yamagata Prefectural Government)

\*\*\*\* 日本工営株式会社 中央研究所 (R&D Center, NIPPON KOEI CO., LTD)

\*\*\*\*\* 日本工営株式会社 (NIPPON KOEI CO., LTD)

キーワード: 土壌侵食, Biological Soil Crust, WEPP モデル, 受食性

実験で得た受食係数および土壌物性値、気象統計値を用いた 100 年間の仮想気象データを WEPP (ver. 2012.800)に入力し、斜面長 100m、傾斜 3%の地形条件で侵食シミュレーションを行った。その後、USLE の標準斜面(斜面長 22.13m、傾斜 9%)で年間土壌侵食量  $A[\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}]$  を算出し、以下の USLE で土壌係数  $K[\text{kg}\cdot\text{h}\cdot\text{J}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}]$  を逆算した。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (3)$$

ここで、 $R$  : 降雨係数  $[\text{J}\cdot\text{m}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{y}^{-1}]$ 、 $LS$  : 地形係数 (=1) [以下無次元]、 $C$  : 作物管理係数 (=1)、 $P$  : 保全係数 (=1)。なお  $R$  は本島の 3 土壌では那覇气象台、石垣島の土壌では石垣島气象台の 10 分間雨量から算出した。

### 3. 結果と考察

同定した各受食係数を Table 2 に示す。BSC 被覆土壌のインターリル受食係数は裸地に対して 62~72%小さく、BSC の効果が表れた。リル侵食は室内実験で与える最大の掃流力でも生じず、BSC が水の流れによる土粒子の剥離に強いことが示唆された。また、BSC 被覆率とインターリル侵食量の相関がジャーガル以外では小さいこと(Table 3)から、BSC は被覆率が低下しても侵食抑制機能を維持する可能性が高い。この要因として、土中に伸びる菌糸の効果が考えられる。

各受食係数を WEPP に入力して算出した年間平均土壌侵食量を Fig. 1 に示す。BSC の効果により、裸地に対して 91~99%の侵食量を削減した。これは現地観測結果<sup>2)</sup>と同程度である。リターンピリオド 50 年の大きな降雨イベント (345.2mm/day) でも同等の効果を維持していることから、BSC は有効な侵食抑制対策と言える。WEPP の解析結果から算定した USLE の土壌係数  $K$  およびその標本標準偏差を Table 4 に示す。裸地に対する BSC の  $K$  は、WEPP の解析結果および現地観測結果<sup>2)</sup>と同程度である 90~98%の減少率を示した。また、裸地の  $K$  は既往の値<sup>6)</sup>から大きく外れない妥当な結果を得た。したがって、BSC の実用化に際し、国内の農地設計基準などにその効果を反映させることは十分可能と言える。目安として、裸地の  $K$  におよそ 0.01~0.1 を乗ずることで BSC 被覆状態の  $K$  を推定できる。

### 4. 結論

実験で得た受食係数と WEPP による侵食シミュレーションで BSC の効果を確認し、USLE の土壌係数  $K$  に反映できた。WEPP の解析結果および USLE の土壌係数  $K$  を BSC によって 90%程度削減できたことから、BSC は沖縄地方の主要な土壌に対して有効な侵食抑制対策と言える。今後は BSC の実用化に向け、実際に営農している圃場における野外試験で効果を検討する必要がある。

#### 引用文献

- 1) 沖縄県：沖縄県赤土等流出防止対策基本計画、2013。 2) 下村幸男ら：土壌微生物を応用した土砂流出防止技術の開発、こうえいフォーラム第 15 号、pp.21-29、2007。 3) 小島里ら：藻菌類の土壌被覆による土壌侵食抑制対策の評価、平成 29 年度農業農村工学会大会講演会要旨集、2017。 4) 沖縄県：平成 15 年度版環境白書 (平成 14 年度年次報告)、2004。 5) 農林水産省構造改善局計画部：土地改良事業計画指針 農地開発 (改良山成畑工)、農業土木学会、1992。 6) 比嘉榮三郎ら：沖縄県における年間土砂流出量について、沖縄県衛生環境研究所報 第 29 号、1995。

Table 2 室内実験で得た各侵食係数

		インターリル	リル侵食係数	限界
		侵食係数( $\times 10^5$ )	( $\times 10^{-4}$ )	掃流力
国頭マーヅ	裸地	12.2	50.8	1.01
	BSC	4.6 (62%減)	$\approx 0$	>6.64
ジャーガル	裸地	11.2	3.9	2.25
	BSC	3.3 (70%減)	$\approx 0$	>6.80
本島の島尻マーヅ	裸地	5.9	17.0	1.63
	BSC	1.7 (72%減)	$\approx 0$	>6.47
石垣島の島尻マーヅ <sup>3)</sup>	裸地	6.5	5.3	0.24
	BSC	2.5 (62%減)	$\approx 0$	>4.64

Table 3 BSC 被覆率とインターリル侵食量の相関

	相関係数 $r$	$p$ 値
国頭マーヅ	-0.286	0.05
ジャーガル	-0.592	$9.5 \times 10^{-6}$
本島の島尻マーヅ	-0.153	0.32
石垣島の島尻マーヅ	0.039	0.75

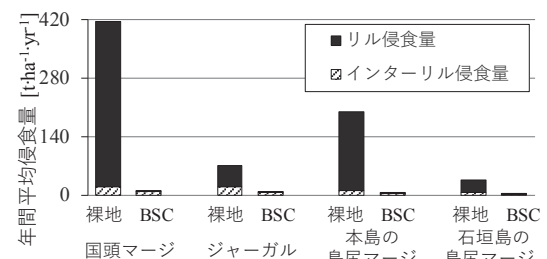


Fig. 1 WEPP で算出した年間平均土壌侵食量

Table 4 推定した USLE の土壌係数  $K$

	土壌係数 $K$	
	裸地	BSC
国頭マーヅ	0.0599 $\pm$ 0.0112	0.0010 $\pm$ 0.0001 (98%減)
ジャーガル	0.0074 $\pm$ 0.0012	0.0008 $\pm$ 0.0001 (90%減)
本島の島尻マーヅ	0.0209 $\pm$ 0.0041	0.0004 $\pm$ 0.0000 (98%減)
石垣島の島尻マーヅ	0.0045 $\pm$ 0.0006	0.0003 $\pm$ 0.0000 (93%減)