

土壌固化材を添加した沈砂池堆積土の農地還元に伴う土壌受食性の変化

宇都宮大学大学院 学生会員 ○金敷 奈穂
 宇都宮大学 正会員 大澤 和敏
 日本工営株式会社 富坂 峰人

1. はじめに

沖縄地方では赤土等流出問題が深刻である。その対策の一つに、農地から流出した土砂を溜める沈砂池の設置がある。沈砂池は堆積土を適時浚渫することで効果が維持されるが、水分を多く含む堆積土の乾燥に時間がかかることや、堆積土が産業廃棄物として有償で処理されること等が課題となり、十分な維持管理がなされていない。沈砂池に堆積した土砂を浚渫し、発生源である上流の圃場に還元、補填することが望ましいと考えられるが、その手法は確立されておらず、土壌侵食への影響は検証されていない。そこで、堆積土を農地還元する手法の一つとして、土壌固化剤イーファップ(以降 EU)の利用を提案する¹⁾。EUは、無機物とデンプンを主体とする中性の土壌固化剤であり、浚渫直後の水分を多く含む堆積土に混和すると瞬時に固化する性質がある。金敷ら²⁾の土壌槽を用いた降雨・流水試験では、島尻マージに EU を用いて浚渫した沈砂池堆積土を混和することで、侵食抑制効果があることが確認されているが、混和条件を変化させた室内試験、圃場規模での検証は行われていない。そこで本研究では、沈砂池堆積土を農地還元した際の受食性への影響を、条件を変化させた室内試験および圃場試験で検証する。

2. 研究項目と方法

2-1 試験土壌 試験では、試験地で採取した畑土壌の島尻マージと石垣島の各沈砂池堆積土を使用した。試験土壌の物理的性質を **Table 1** に示す。土壌 S と比較し土壌 F, N は微細粒子が多い。これは、圃場などから流出した土壌が沈砂池に堆積していることが理由であると考えられる。

Table 1 試験土壌の物理的性質

土壌 (名称)	粒度組成 [%]			礫 [%]	強熱減量 [%]
	粘土	シルト	砂		
島尻マージ (S)	5.1	44.1	50.8	52.6	6.76
改良沈砂池堆積土 (F)	28.0	32.5	39.5	0	9.60
改良なし沈砂池堆積土 (N)	43.6	41.1	15.3	0	7.21

2-2 室内試験 島尻マージ (S)、土壌 S に未処理の沈砂池堆積土 50% 混和 (SN50)、土壌 S に浚渫直後の改良沈砂池堆積土 50%混和 (SF50) の 3 条件で水頭吸引法での保水試験、**Table 2** に示す 4 条件で侵食試験 (降雨試験・流水試験) を実施した。侵食試験は土砂流出解析モデル

Table 2 侵食試験に用いた供試土

名称	内容
S	島尻マージのみ
SN30	S に未処理の沈砂池堆積土 30%混和
SF30	S に浚渫直後の改良沈砂池堆積土 30%混和
SF50	S に浚渫直後の改良沈砂池堆積土 50%混和

(Water Erosion Prediction Project, WEPP)³⁾の流出過程に基づいて行った。侵食は、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) の 2 つの現象から考えられる。WEPP では、土壌の受食性 (侵食されやすさの指標) 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 τ_{cb} [Pa] で表し、次式で侵食量を計算する。

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

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 [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]、 σ : 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 [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]、 τ_f : 表面流の掃流力 [Pa] である。試験では、降雨強度や流量、土壌槽の傾斜を変化させた際の流出土砂量を測定し、インターリル受食係数 K_{ib} および、リル受食係数 K_{rb} 、限界掃流力 τ_{cb} を同定した。さらに、降雨試験の結果を使用し、各条件の流出率も調べた。

2-3 圃場試験 沖縄県石垣市の島尻マージ土壌、サトウキビ夏植え圃場を対象地とした。試験期間は、2021 年 4 月から 12 月までであり、室内試験で用いた改良沈砂池堆積土を使用した。対象区に対し、混和率を 50% (SF50)、15% (SF15) と差をつけた 2 条件の混和区を設定した。4 月 25 日から 8 月 27 日までの期間は畝立てをした裸地条件、8 月 27 日以降はサトウキビを栽培する営農条件とした。全ての区画で水位、濁度、降雨時の雨量の連続計測を行い、流量、土壌流出量などを算出した。

キーワード: 農地保全, 土壌改良, 土壌侵食, 沈砂池, 堆積土, WEPP

連絡先: 〒321-8505 栃木県宇都宮市峰町 350 宇都宮大学農学部農業環境工学科 (028-649-5507)

3. 結果と考察

3-1 室内試験 保水試験の結果を Fig.2 に示す。S に対し、SN50、SF50 の保水性が高い。これは、微細粒子の割合が多くなったことで、比表面積が大きくなったことが関係していると思われる。また、SF50 が SN50 より保水性が高くなったことから、改良された沈砂池堆積土を混和することで団粒構造が発達したと予想される。

同定した各受食係数を Table 3 に示す。今回は土壤流出量が小さい土壤が多いため、限界掃流力の差を議論するには不十分であると考え、考察から除外した。K_{ib} において、S に対していずれも減少する結果となった。特に、S と比較し、SF30 は約 68%減少、SF50 は約 77%減少となり、減少率が大きかった。よって改良沈砂池堆積土はインターリル侵食を抑制するといえる。K_{rb} においても、S に対していずれも減少する結果となった。特に、S の K_{rb} と比較し、SN30 は 90%減少、SF30 は 82%減少、SF50 は 75%減少となり、減少率が大きかった。SN30 で大きくリル侵食を抑制したのは、微細粒子の増加に伴い粘着力が向上したことが要因と考えられた。SF30 と SF50 の減少率が大きかったことより、改良沈砂池堆積土はリル侵食を抑制するといえる。また、降雨試験の結果から求めた表面流出率は、S が 98.8%、SN30 が 82.6%、SF30 が 89.8%、SF50 が 68.7%であった。よって改良沈砂池堆積土を混和することで、透水性が向上することを確認した。

以上より、EU 改良した沈砂池堆積土を島尻マージに混和することで団粒化が促進されたことがわかった。その働きにより雨滴の衝撃や水流による剥離に耐性ができるだけではなく、透水性を良好にすることで表面流出率を抑え、侵食を抑制する効果があったと考えられる。

3-2 圃場試験 USLE の定義⁴⁾に従い侵食性の降雨を 22 イベント抽出した。そのうちサトウキビ植え付け準備のため地表面が平坦な状態であった期間の 4 イベントと、計測不可能であった 2 イベントを除いた計 16 イベントを分析した。観測期間中の総土壤流出量は対象区 490.15 g・m⁻²、SF15 区 350.76 g・m⁻²、SF50 区 231.71 g・m⁻²であり、沈砂池堆積土混和率が高いほど、土砂流出量が減少する結果となった。侵食量の多い上位 5 イベントの結果を Table 4 に示す。一部のイベントを除き、混和区は最大濁度が抑えられる傾向にあったことから、改良沈砂池堆積土混和は土壤侵食を抑制すると考えられた。また、混和初期は混和区の表面流出率が大きく減少する傾向にあり、表面流出量の減少に伴い土砂流出量も減少したと考えられる。しかし、8月27日に農業機械を用いてサトウキビの植え付けを行って以降、対照区に対して SF15 区、SF50 区の表面流出率が大きくなるイベントがあった。この要因として、堆積土の微細粒子が土壤間隙に入り込み目詰まりが生じたこと、耕うんによって練り返しが起きたこと、地形変化などが挙げられる。10月下旬以降ではサトウキビの生長に伴い土砂侵食量は減少したため、総土砂流出量に大きな影響はなかった。

4. 結論と今後の課題

保水性試験の結果より、改良沈砂池堆積土は団粒化が促進されていたことが確認された。室内侵食試験および圃場侵食試験の結果より、改良沈砂池堆積土を混和することで、土砂侵食を抑制することが示唆された。その際に透水性が向上することも確認できた。よって、改良沈砂池堆積土を混和することで団粒化し、耐侵食性と透水性が向上したことで土砂侵食を抑制したといえる。以上より、改良沈砂池堆積土を圃場に還元することは有効な侵食抑制対策であるといえる。今後は、沈砂池堆積土を混和した際のメカニズムや経年変化について明らかにするとともに、実用化に向けたコスト、分配方法などを検討する必要がある。

保水性試験の結果を Fig.2 に示す。S に対し、SN50、SF50 の保水性が高い。これは、微細粒子の割合が多くなったことで、比表面積が大きくなったことが関係していると思われる。また、SF50 が SN50 より保水性が高くなったことから、改良された沈砂池堆積土を混和することで団粒構造が発達したと予想される。

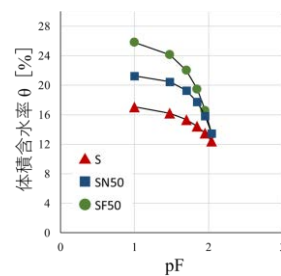


Fig.2 保水試験結果

Table 3 室内侵食試験結果

土壤条件	インターリル受食係数 K _{ib} [kg・m ⁻⁴ ・s]	リル受食係数 K _{rb} [s・m ⁻¹]	限界掃流力 [Pa]
S	6.57×10 ⁵	—	0.95
SN30	4.08×10 ⁵	37%減	1.39
SF30	2.11×10 ⁵	68%減	1.06
SF50	1.50×10 ⁵	77%減	0.59

Table 4 圃場試験結果

イベントNo.	総降水量 [mm]	降雨時間 [h]	区画No.	表面流出率 [%]	最大濁度 [g/L]	土砂流出量 [g・m ⁻²]
3 (6/9)	33	6.8	対照区	5.83	15.99	67.05
			SF15 区	2.15	7.69	10.65
			SF50 区	0.95	5.04	3.41
7 (7/21)	156.5	79.7	対照区	22.40	18.46	110.58
			SF15 区	16.51	10.51	52.23
			SF50 区	2.30	5.42	4.49
12 (9/2)	22	1.3	対照区	1.96	43.83	59.71
			SF15 区	1.41	25.29	25.13
			SF50 区	2.18	31.27	47.08
13 (9/3)	13	0.8	対照区	2.26	28.93	56.48
			SF15 区	2.31	22.73	42.37
			SF50 区	3.36	23.15	70.91
18 (10/12)	78.5	21.2	対照区	23.11	13.52	51.78
			SF15 区	12.58	49.00	187.46
			SF50 区	36.34	14.04	84.97

1) 富坂峰人ら：新たな固化剤を用いた沈砂池堆積土砂の再利用技術の開発について(3)、平成24年度赤土等流出防止交流集會事例集、2012。

2) 金敷奈穂ら：沈砂池堆積土の農地還元による土壌受食性の変化および植物生長への影響、2020年度農業農村工学会大会講演会、2020。

3) Martin Leue, Friederike Lang: Recycling soil nutrients by using channel deposits as fertilizers?, Nutr Cycl Agroecosyst, 2012.

4) Wischmeier, W. H., and D. D. Smith.: "A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning." Trans. Int. Congr. Soil Sci., 7th, p. 418-425, 1960.