

(S2-19) 沖縄県においての油分を対象としたバイオレメディエーション技術改良

○比嘉一葉<sup>1</sup>, 小松大祐<sup>1</sup>, 橋本勇郎<sup>1</sup>, 和知剛<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>株式会社エンバイオ・エンジニアリング

1. はじめに

沖縄県は一年中土温が高いという特徴から、バイオレメディエーションでの土壌浄化が注目されている。一方で、独特の土壌の性質により、バイオレメディエーション工法が効果的な場合と、十分な分解菌が存在するにも関わらず浄化が困難である場合が存在した。今後沖縄県でのバイオレメディエーション工法を効率よく進めるためにはこの浄化困難な土壌の原因把握および解決することが必要である。

そこで本稿では油汚染土壌を対象とし、バイオレメディエーション工法を用いた際に TPH 濃度が長期間高濃度で停滞した汚染サイトにおいての原因および解決策について検証した。

2. 原因の検討

浄化が困難であったサイトにおいては、施工期間中、無機塩類の散布量に対し、モニタリングデータが上がらない現象が確認されていたことから、土壌の理化学性に着目し、汚染サイトの土壌中の養分の保持能力が低いと油分解菌が活性化できないのではないかと推測した。そこで、土壌の栄養保持能力を示す指標である陽イオン交換容量（以下、CEC）について調査した。

CEC の大きさは土性と腐植含有量、粘土鉱物の種類により決定される（図 1）。また、CEC の強弱（塩基類の吸着力）は粘土鉱物の構造と大きく関係し、CEC が強ければ陽イオンを強く引き付けるので雨により栄養分が流れにくく、逆に弱いと土から陽イオンが外れやすい。結果、CEC が弱いと、養分が油分解菌に利用されずに流出してしまう。CEC に対し、塩基の保持量を見るための指標として、塩基飽和度があり、土壌 pH と塩基飽和度は相関性がある。土壌 pH が高いほど塩基飽和度も高い値を示し、土壌 pH が低いほど塩基飽和度が低くなる事が知られている。（図 2）

沖縄県の土壌は、一般的に国頭マージ、島尻マージ、ジャーガルに分類できる。この 3 つの土壌型について以下の理化学性が表 1 に示したように報告されている。また、比較としてバイオレメディエーション工法が有効的に浄化できた汚染サイト A と、バイオレメディエーション工法が困難であり長期間にわたり TPH 濃度が長期間高濃度で停滞していた汚染サイト B の理化学性においても表 2 に示した。

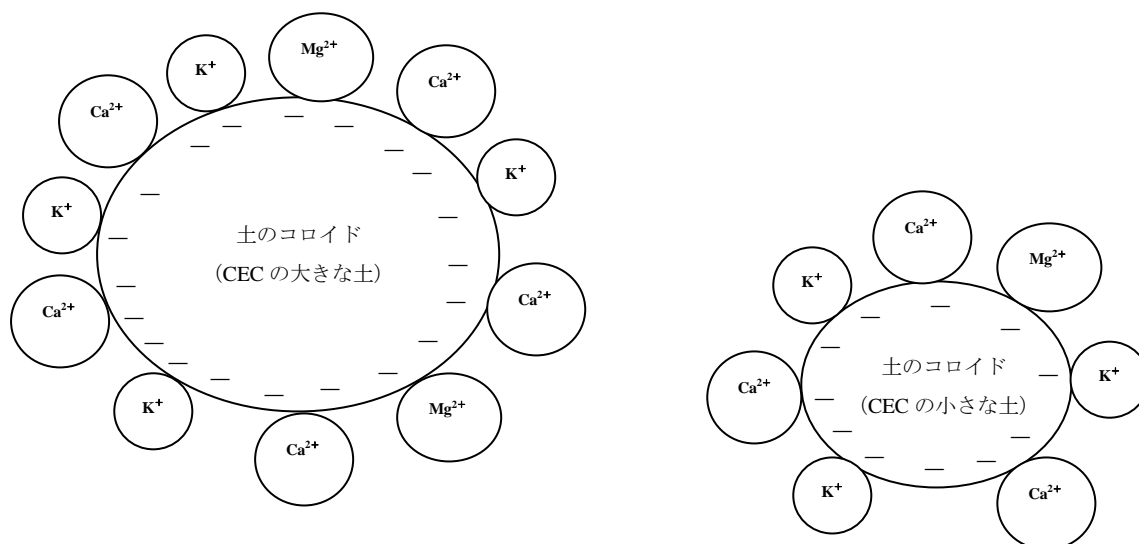


図 1 土コロイドの概念図

Improvement of bioremediation technology in Okinawa

Kazuha higa<sup>1</sup>, Daisuke komatsu<sup>1</sup>, Toshiro Hashimoto<sup>1</sup>, Takeshi wati<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Enbio Engineering Co., Ltd.)

連絡先：〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町 2-2-2 (株) エンバイオ・エンジニアリング

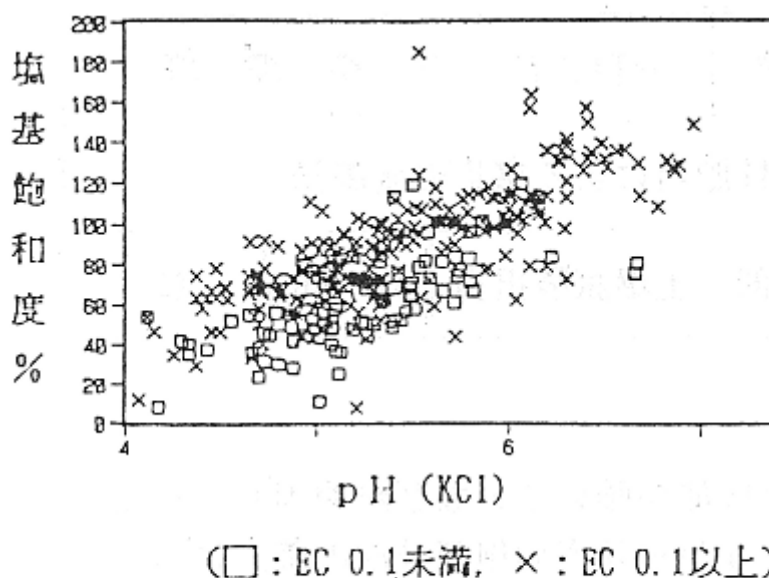


図2 土壌 pH(KCl)と塩基飽和度の関係

出典：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構：土壌診断手法の開発と診断システムの実用化

表1 沖縄県内土壌の理化学性

土壌型	pH	CEC(cmol kg <sup>-1</sup> )
国頭マージ	酸性	10 前後
島尻マージ	酸性～中性～アルカリ性	15～18
ジャーガル	アルカリ性	20～25

出典：宮丸直子：沖縄県の低生産性土壌改良における土壌微生物性の評価，2013

表2 各汚染サイトの理化学性

汚染サイト	pH	CEC(cmol kg <sup>-1</sup> )
汚染サイト A 土壌 (※バイオレメディエーションが有効)	アルカリ性	5.2
汚染サイト B 土壌 (※バイオレメディエーションが困難)	やや酸性～中性	4.3

表1より、一般的に国頭マージは酸性土壌、島尻マージは中性を示すものが多いが各地によって酸性やアルカリ性を示し、またジャーガルはアルカリ性土壌であると報告されている。<sup>1)</sup>

汚染サイト A および汚染サイト B 共に CEC の値は沖縄県内土壌に比べて低い値となっており、土壌中の栄養保持量が非常に低いことが確認された。しかし、汚染サイト A はジャーガルと同じくアルカリ性を示し、汚染サイト B はやや酸性～中性を示している。このことから、汚染サイト A は栄養の流出はしにくいいため油分解菌が栄養を活用することができ、汚染サイト B については油分解菌が栄養を活用する前に栄養がすぐ流出してしまい TPH 濃度の停滞がおきたのではないかと推測した。

### 3. 解決策 (案)

土壌中の栄養保持量が低く、流出しやすい土壌に対する問題に対して、栄養分の投入方法について検討した。通常バイオレメディエーション工法を実施する際には使用する窒素を無機窒素化合物で粉状もしくは液体状で汚染土壌に投入する方法が多い。そこで、本検証においては有機態窒素を投入する目的でたい肥を使用

し、ラボスケールで実験を行った。実験方法については下記の図4の手順で行った。実験結果については表2に示す。

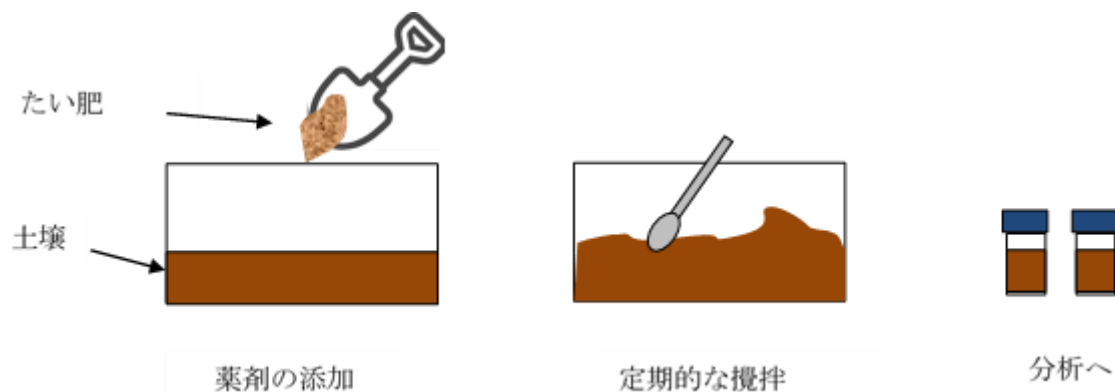


図4 実験手順

- ① 汚染サイト B 土壌を採取。
- ② たい肥 0.1wt% を 1 回のみ投入する。
- ③ 1 日 1 回の定期的なエアレーションを実施する。
- ④ 初期値および、1 週間後、2 週間後の TPH 濃度および CEC を分析する。

表3 たい肥 0.1wt%投入した結果

試験系	測定時期	測定項目				
		TPH(mg/kg)				CEC(cmol kg <sup>-1</sup> )
		ガソリン分 (GRO)	軽油分 (DRO)	残油分 (RRO)	合計 (TPH)	
たい肥 0.1wt%	初期値	<100	1,200	2,400	3,600	4.3
	1 週間後	<100	1,100	2,000	3,100	4.4
	2 週間後	<100	780	1,300	2,100	4.3

実験の結果、TPH 濃度が 3,600mg/kg が 2 週間後 2,100mg/kg まで減少した。また、特に分解が難しい残油分が 2,400mg/kg から 1,300mg/kg まで低下したことが確認された。このことから、有機態窒素で投入することは汚染サイト B において有効であると考えられる。しかし、CEC 値については変化しなかった。

#### 4. まとめ・今後の展開

本稿では、土壌の理化学性に着目し、土壌の栄養を保持する力の向上させる方法について検証を行った。検証の結果・考察を下記にまとめる。

- ① 汚染サイト A と汚染サイト B での栄養保持量について違いはなかった。
- ② 汚染サイト A では土壌の pH がアルカリ性、汚染サイト B はやや酸性～中性の傾向を示していた。汚染サイト A では栄養保持能力が強く、栄養の流出を最小限に抑えることができたためバイオレメディエーション工法が有効であったと推測される。
- ③ 汚染サイト B において有機態窒素を投入することにより土壌の栄養保持量・能力の低さと改善することができ、沖縄県内の栄養保持能力が低い土壌におけるバイオレメディエーション工法については無機窒素化合物よりも有機態窒素が適していることが推測される。
- ④ 汚染サイト B にたい肥 0.1wt%投入しても CEC 値に変化は見られなかった。

今後の展開については下記にまとめる。

- ① 実際の浄化現場では今後の土地利用を考慮し、土壌の性質を変えずに有機体窒素を使用する必要があり、たい肥に代わるバイオレメディエーション促進剤の検討を進めていく。
- ② 根本的な問題である CEC 値（栄養保持量）の改善をすることにより、より早く TPH を減少させることができないか検討する。
- ③ 引き続き土壌の理化学性に着目し、有機態窒素と組み合わせることで浄化が効率よく進む工法を検討する。

#### 参考文献

- 1) 宮丸直子(2013)：沖縄県の低生産性土壌改良における土壌微生物性の評価，沖縄県農業研究センター研究報告，P.1～P.3
- 2) 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構(1987～1990)：土壌診断手法の開発と診断システムの実用化，<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/seika/jyouhou/H02/tnaes90044.html>，(参照 2018-6-29)