

ダイオキシン類汚染土壌を対象とした ENA 技術に関する基礎的検討

東京大学 受託研究員 正会員 ○ 畠 俊郎
 土木研究所 正会員 森 啓年
 土木研究所 正会員 桑野 玲子
 土木研究所 正会員 小橋 秀俊
 東京大学 正会員 栗栖 太

1. はじめに

近年、ダイオキシン類による土壌汚染事例が増加傾向にある。処理技術も各種開発され、廃棄物の不法投棄などにより高濃度に汚染された実サイトの浄化に適用されている。これら既存の処理技術は、少量で高濃度の汚染土壌を対象としている。そのため、高額な処理コストが課題となっている。本文では、安価な処理技術として微生物浄化に着目し、焼却ミスト由来のダイオキシン類に高濃度に汚染された土壌を用いて行ったバッチ試験の結果から、ENA(Enhanced Natural Attenuation)技術の適用性について検討した結果を報告する。

2. ダイオキシン類を対象とした ENA 技術の必要性

揮発性有機化合物および油類に汚染されたサイトを対象とし、汚染地盤にすでに備わっている自然機能を適切な監視体制のもとで活用しつつ浄化を進める MNA(Monitored Natural Attenuation)の適用に向けた動きが活発化している。MNA は、すでに備わっている浄化機能を活用するため、浄化費用や消費エネルギーの大幅な削減が期待できる。ダイオキシン類についての自然減衰(NA)は、湖沼や河川の底泥中で確認されているが、分解速度がきわめて遅いことから実用レベルにはほど遠いとされている。しかしながら、人為的作用により NA を促進する事ができれば浄化費用の削減も可能となることから、ENA 技術の開発は必要と判断して検討を行った。

3. 評価試験の概要

焼却ミストに由来するダイオキシン類に汚染された土壌を用いたバッチ試験を実施した。試験土壌の物性値を表－1に示す。炭素源として酢酸および乳酸を選定し、土壌：培地＝1：1の比率で調整したスラリーを用いて30℃、110rpmの条件で1ヶ月間培養を行った。試験前後のダイオキシン類濃度およびpH、Ehの測定と、*Dehalococcoides* sp. CBDB1株を対象としたPCRによる検出を行った。

表－1 試験土壌の物性値

項目	単位	測定値	試験方法
ダイオキシン類濃度	pg-TEQ/g	28,000	—
水素イオン濃度	—	7.4	土質試験法
		(23.8℃)	-4.1
含水率	%	27.3	土質試験法
			-4.1
強熱減量	%	4.3	土質試験法
			-4.1
酸化還元電位	mV	328	下水道試験法
			－2.3.5(1997)

4. *Dehalococcoides* sp. CBDB1 株の検出方法

Dehalococcoides sp. CBDB1 株は、ダイオキシン類で高濃度に汚染された河川の底泥から採集した混合培養系から単離された微生物である。これまで困難と考えられてきた、高塩素化ダイオキシン類の低塩素化を担うことができるため、バイオレメディエーションへの適用が期待されている。本件では、対象土が高濃度のダイオキシン類に長期間暴露されていたことから CBDB1 株が生育している可能性が高いと判断し、目的微生物に選定した。検出は、培養試験前後のサンプルから採取したスラリー2g から抽出した DNA を用いて Bunge らの方法に従って行うこととした。

キーワード 土壌汚染, ダイオキシン類, 微生物分解, ENA

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 株式会社フジタ 技術センター TEL 046-250-7095

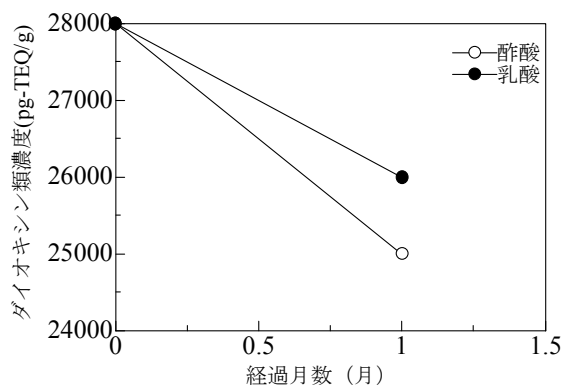
5. ダイオキシン類濃度および pH, Eh の測定結果

試験前後のダイオキシン類濃度の推移を図—1に示す。

1ヶ月間の培養で、酢酸添加区において 3,000pg-TEQ/g、乳酸添加区において 2,000pg-TEQ/g の濃度低下が認められた。

乳酸を添加した試験区と比べ、CBDB1 株の必須炭素源である酢酸を添加した試験区でより分解が促進される傾向が確認された。

試験後の pH および Eh を表—2に示す。酢酸・乳酸いずれを添加した場合においても、pH の上昇が認められた。嫌気度をあげる目的で、酢酸および乳酸を添加したにも関わらず Eh は+を維持した。この原因としては、培養瓶から取り出した後に Eh を測定したため、正確な値が得られていないことが考えられる。Eh の測定方法は、今後の課題と考えている。



図—1 ダイオキシン類濃度の推移

表—2 pH および Eh の推移

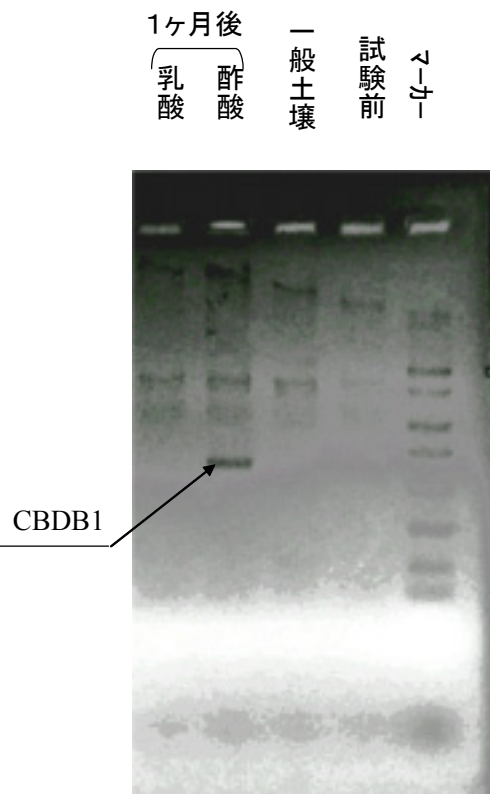
項目	酢酸	乳酸
pH	8.2	8.3
Eh	26	24

6. CBDB1 株の検出結果

CBDB1 株の検出は、ユニバーサルプライマー (fD1, rP2) で増幅した PCR 産物を鋳型 DNA として、DET730 および DET1350 のプライマーセットを用いた PCR により行った。

試験開始前土壌、一般土壌（植込土壌）および1ヶ月培養後のサンプルを用いた検出結果を図—2に示す。

試験開始前サンプルおよび一般土壌では PCR 産物は検出されなかった。酢酸添加区では、PCR 産物が検出された。試験前には検出されていないことから、酢酸の添加により CBDB1 株が増殖したと考えられる。乳酸添加区では、PCR 産物が検出されなかった。PCR 産物が検出された酢酸添加区と同じく TEQ 値の減少が確認されていることから、その他の微生物がダイオキシン類の分解に寄与している可能性が示されたと考えている。



図—2 CBDB1 株の検出結果

7. まとめ

焼却ミスト由来のダイオキシン類に高濃度に汚染された土壌を用い、ENA 技術の適用性について検討した。主要な結果は以下のよう

- ・ 実汚染土壌に酢酸および乳酸を添加することにより、ダイオキシン類の自然減衰 (NA) を促進する効果が期待できる。
- ・ 酢酸を添加した場合、*Dehalococcoides* sp. CBDB1 株の増殖を促進する効果が確認された。
- ・ 乳酸を添加した場合、*Dehalococcoides* sp. CBDB1 株以外の微生物がダイオキシン類の分解に寄与している可能性が示された。

今後は、ENA の促進に有効な土壌条件について、遺伝子モニタリングを組み合わせた検討を進めたい。

参考文献

- ・ Reductive dehalogenation of chlorinated dioxins by an anaerobic bacterium M. Bunge et al., Nature, 421, 357-360 (2003)