

嫌気性微生物による塩素化エチレン類の脱塩素化促進材料の検討

大成建設(株) 正会員 ○伊藤 雅子
大成建設(株) 正会員 高畑 陽

1. 目的

トリクロロエチレン (TCE) などの塩素化エチレン類による地下水汚染対策として、嫌気性微生物を利用する浄化対策が近年実用化されている。嫌気性微生物による塩素化エチレン類の還元脱塩素化は、テトラクロロエチレン (PCE) や TCE は比較的容易に進むが、*cis*-1,2-ジクロロエチレン (*cis*-1,2-DCE) 以降の脱塩素化を促進させるには、*Dehalococcoides* 属細菌類を効率よく活性化させることが必要と考えられている¹⁾。筆者らは、食品残渣となる酵母エキスを自己消化させた有機資材 (以下 TM-B 剤) が *cis*-1,2-DCE 以降の速やかな脱塩素化に効果があることを確認している¹⁾。本報では、TM-B 剤を実サイトに適用するための濃度条件及び配合条件について検討した室内試験結果について報告する。

2. TM-B 剤の最適濃度の検討

2.1 目的

塩素化エチレンの脱塩素化に適した TM-B 剤の濃度条件を把握するため、実汚染地下水を用いたバッチ培養試験を実施した。

2.2 試験方法

本試験では、TM-B 剤、乳酸ナトリウム、および精糖蜜を有機資材として用いた (表-1)。また、有機資材の添加量に応じて、pH 調整剤を添加した (表-2)。さらに、乳酸ナトリウムと精糖蜜には有機資材の炭素量に対し、炭素:窒素:リン比が 100:5:2 となるように塩化アンモニウムとリン酸カリウムを添加した。155ml のガラスバイアル瓶に汚染サイトから採取した地下水と帯水層から採取した土壌の懸濁液 (土壌含有量 10%) 1ml、および所定の有機資材、pH 調整剤、栄養塩を加え全量で 110ml とした。また、ヘッドスペースは窒素置換等を行わずに好気条件で試験を開始した。ガラスバイアル瓶は、30℃ の恒温室内で 34 日間静置培養し、塩素化エチレン濃度、エチレン・エタン濃度、培養液中の *Dehalococcoides* 属細菌の 16S rDNA コピー数、及び *vcrA* 遺伝子コピー数を定量した²⁾。

2.3 試験結果

2.3.1 塩素化エチレン類の濃度変化

培養開始時の瓶中の平均モル数は、PCE が 0.047 μmol、TCE が 0.142 μmol、*cis*-1,2-DCE が 1.33 μmol、VC が 0.09 μmol であった (図-1)。TM-B 剤は添加量にかかわらず、培養 34 日目で塩素化エチレン類がほぼ全量

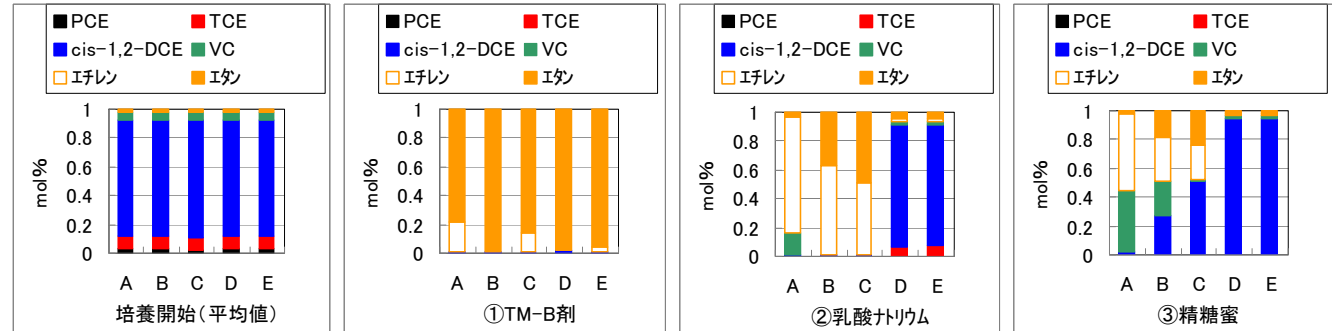


図-1 培養開始時(平均値)の塩素化エチレン類、エチレン、エタン濃度

図-2 培養34日目(TM-B剤)の塩素化エチレン類、エチレン、エタン濃度

図-3 培養34日目(乳酸ナトリウム)の塩素化エチレン類、エチレン、エタン濃度

図-4 培養34日目(精糖蜜)の塩素化エチレン類、エチレン、エタン濃度

キーワード 嫌気性微生物、塩素化エチレン、脱塩素化、有機資材
連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7217

脱塩素化によりエチレン・エタンとなった(図-2). 乳酸ナトリウムの添加条件では, 有機資材を 0.05~0.15% 添加した条件で塩素化エチレン類の濃度が低下した(図-3). しかし, 有機資材を高濃度で添加した条件ではエチレン・エタンの生成は確認されず *cis*-1,2-DCE 以降の脱塩素化は進行しなかった(図-3). また, 精糖蜜も乳酸ナトリウムと同様に, 有機資材を高濃度で添加した条件では脱塩素化の促進効果が低かった(図-4).

2.3.2 *Dehalococcoides* 属細菌類の 16S rDNA コピー数及び *vcrA* 遺伝子コピー数の定量

リアルタイム PCR を用いて遺伝子コピー数の定量を行った結果, 脱塩素化の進捗状況に応じて *Dehalococcoides* 属細菌 16S rDNA コピー数及び *vcrA* 機能遺伝子数の増加が確認され, 脱塩素化に関与する細菌種が増加したものと推定された(図-5).

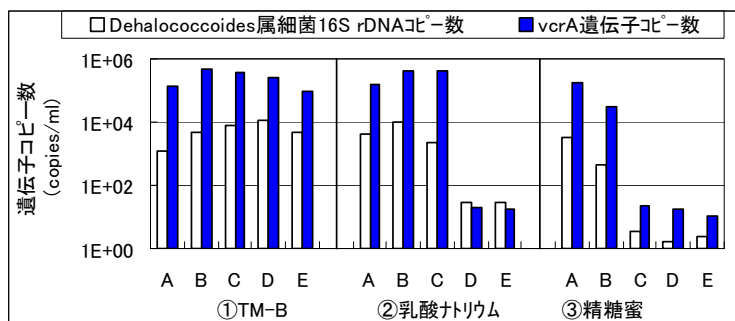


図-5 *Dehalococcoides* 属細菌の 16S rDNA コピー数と *vcrA* 遺伝子コピー数

3. TM-B 剤と乳酸ナトリウムの配合効果

3.1 目的

前節では, TM-B 剤が幅広い濃度で塩素化エチレン類の脱塩素化促進に有効であることを確認した. しかし, TM-B 剤はアミノ酸由来の窒素含有量が高く, 実地盤で使用後に地下水中に窒素が高濃度で残存する可能性が懸念された. そこで, 窒素分を含まず, ナトリウム塩の存在により pH の低下を抑制できる乳酸ナトリウムと TM-B 剤を配合した場合の塩素化エチレン類の脱塩素化効果について検討した.

3.2 試験方法

培養は嫌気環境を持続しながら培養できる半連続培養試験装置を用いた.
3). 全量 1100ml の培養容器に汚染サイトの地下水と同サイトの帯水層土壌 30 g, 有機資材(表-3)が合計で 0.075% になるように投入し, 20°C の恒温温室で攪拌培養した. なお, 本試験では, pH 調整剤や窒素, リンなど他の栄養源の添加は行わず, TM-B 剤と乳酸ナトリウムのみを用いた.

3.3 試験結果 塩素化エチレン類の濃度変化

培養 6 日目では, 配合条件の違いによる塩素化エチレン類の濃度に大きな差は生じなかった(図-6). 培養 27 日目では, TM-B 剤が配合されている全ての条件(②~⑦)で, PCE, TCE の脱塩素化が進行し, 培養 42 日目では, *cis*-1,2-DCE 以降の脱塩素化が確認された. 本試験の結果, TM-B 剤と乳酸ナトリウムを配合した場合に, TM-B 剤は少量でも脱塩素化の促進効果が十分得られることが明らかとなった. なお, 本試験の条件①も培養 82 日目には, 塩素化エチレン類の *cis*-1,2-DCE 以降の脱塩素化が確認できた.

4. まとめ

本試験により, 嫌気性微生物による塩素化エチレン類の浄化材料として, TM-B 剤は脱塩素化促進効果と有用微生物種の活性化に高い効果があることが明らかとなった. また, TM-B 剤は少量存在すれば浄化効果が高められる可能性が示された. 今後は, 実汚染地盤に対しての浄化効果を検証していく予定である.

5 参考文献

- 1) 伊藤ら: 塩素化エチレン類の脱塩素化促進材料の検討, 第 17 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, in press (2011).
- 2) Müller, J. A. et al., Appl. Environ. Microbiol., 70:4880-4888 (2004).
- 3) 伊藤ら: 第 13 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, pp. 332-tak (2007).

表-3 配合条件

配合No.	有機資材配合条件%	
	乳酸ナトリウム	TM-B 剤
①	100	0
②	90	10
③	80	20
④	70	30
⑤	50	50
⑥	25	75
⑦	0	100

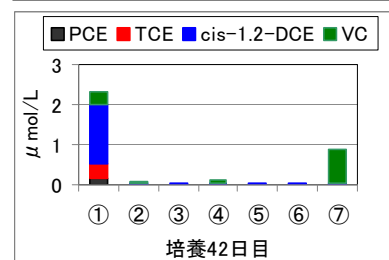
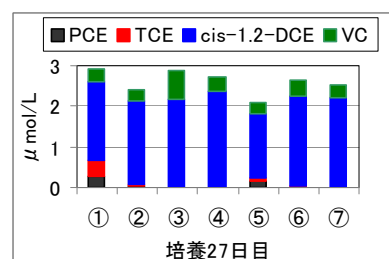
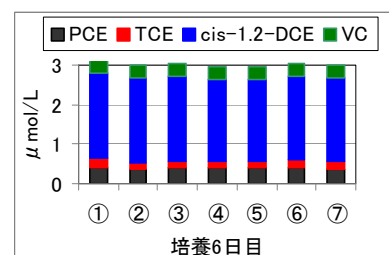


図-6 塩素化エチレン類の濃度変化