

高分子有機資材による塩素化エチレン類脱塩素化の基礎的検討

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○伊藤 雅子

大成建設(株) 技術センター 正会員 高畑 陽

1. はじめに

嫌気性微生物による塩素化エチレン類の地下水浄化は、汚染地盤に有機資材を供給して嫌気環境を形成し、テトラクロロエチレン(PCE)やトリクロロエチレン(TCE)などの塩素化エチレン(VOCs)を無害のエチレンまで脱塩素化して浄化を進める。水溶性の有機資材は、汚染サイトに供給しやすく、有用微生物の活性を短時間で高める効果にも優れているが、有機資材自体が微生物分解を受けやすく、効果の持続性が低いなどの課題がある¹⁾。一方、ポリ乳酸(PLA)や油脂などの高分子を主成分とした徐放性有機資材は、微生物分解を受けにくいため浄化効果が持続するが、嫌気環境下で資材が分解して水素供与体を放出するまでのタイムラグやその生成量などの分解特性を把握して浄化対象サイトに適用する必要がある。

本報では、一般的に嫌気環境で分解性が低いとされるポリ乳酸(PLA)樹脂を易分解性に加工した2種類の材料について、徐放性有機資材としての分解特性と浄化効果を室内培養試験により検討した結果を報告する。

2. 試験の培養条件

本試験で検討した培養条件を表-1に示す。本試験で検討したPLA-Iは低分子加工、PLA-IIは加水分解促進剤を添加した加工をしており、いずれも比重は1.2であり、粉末として使用した。また、比較対照として、油脂系(液状)の市販浄化剤Aと水溶性の乳酸ナトリウムを設定した。汚染サイトから採取した地下水1.1Lに、同サイトの土壌懸濁液(1%溶液)5mlと脱塩素細菌集積培養液5mlを添加した。また、pH調整剤として炭酸カルシウムを適量添加した。培

表-1 試験培養条件

培養条件	No.	徐放性 有機資材(g)	緩衝剤 CaCO ₃ (g)	窒素源 (mg-N/L)	リン源 (mg-P/L)
PLA-I	①	2	0.4	13.2	2.6
	②	4	0.8	26.7	5.2
	③	6	1.2	39.6	7.8
PLA-II	④	2	1.2	13.2	2.6
	⑤	4	2.4	26.7	5.2
	⑥	6	3.6	39.6	7.8
浄化剤A	⑦	2	0.4	13.2	2.6
	⑧	4	0.8	26.7	5.2
	⑨	6	1.2	39.6	7.8
乳酸ナトリウム	⑩	0	0.8	26.7	5.2

養開始時にTCE溶液(500mg/L)を5ml添加し、20℃の恒温槽で半連続培養装置(全量1.1L)を用いて培養した²⁾。試料採取は、交換水としてNO₃-Nを50mg/l含む地下水30mlを培養瓶に嫌氣的に流入し、同量の培養液を回収してVOCs及び溶存性有機炭素(DOC)、全有機炭素(TOC)を分析した。

3. 試験の結果

3.1 VOCsの経時変化

各条件のVOCsの経時変化を図-1に示す。培養開始時のVOCs濃度は条件によりバラツキが生じたが、いずれもTCEの占める割合はVOCs中の90%前後となった。培養14日目には、PLA-IIの3条件④⑤⑥でTCEの脱塩素化が進行し、99%がシス-1,2-ジクロロエチレン(*cis*-1,2-DCE)となった。浄化剤Aは、添加量に反比例した傾向となり⑦85%、⑧48%、⑨18%の割合でTCEから*cis*-1,2-DCEに脱塩素化が進行した。また、ポジティブコントロールとなる⑩乳酸ナトリウムは86%が*cis*-1,2-DCE、3.8%が塩化ビニルモノマー(VC)となった。一方PLA-Iは、培養14日目までは、脱塩素化の兆候は殆ど見られなかった。培養36日目では、ほぼ全ての条件でTCEが脱塩素化して*cis*-1,2-DCEとなった。その後、時間経過に伴い脱塩素化が最も進行したのは、培養開始時にタイムラグが生じたPLA-Iの②③条件となり、培養127日目にはVCも脱塩素化してVOCs濃度が初期濃度の2%以下となった。また、PLA-IIの④条件も*cis*-1,2-DCE、VCが脱塩素化した。本試験では、同じ有機資材でも添加量より脱塩素化速度に顕著な差が生じることが確認された。

キーワード テトラクロロエチレン, トリクロロエチレン, 嫌気性微生物, 脱塩素化

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 土木技術研究所 TEL 045-814-7226

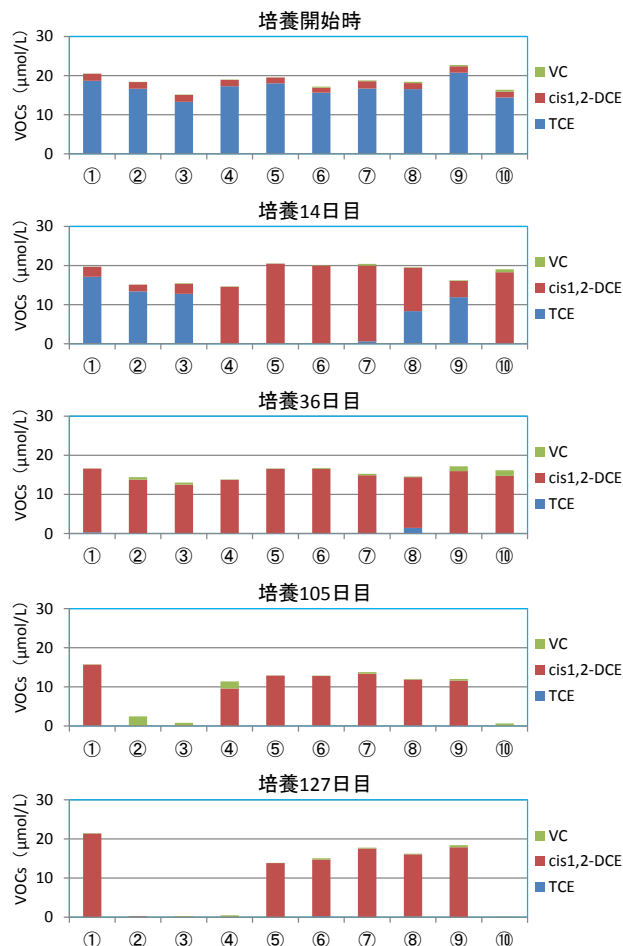


図-1 各培養条件による VOCs の経時変化

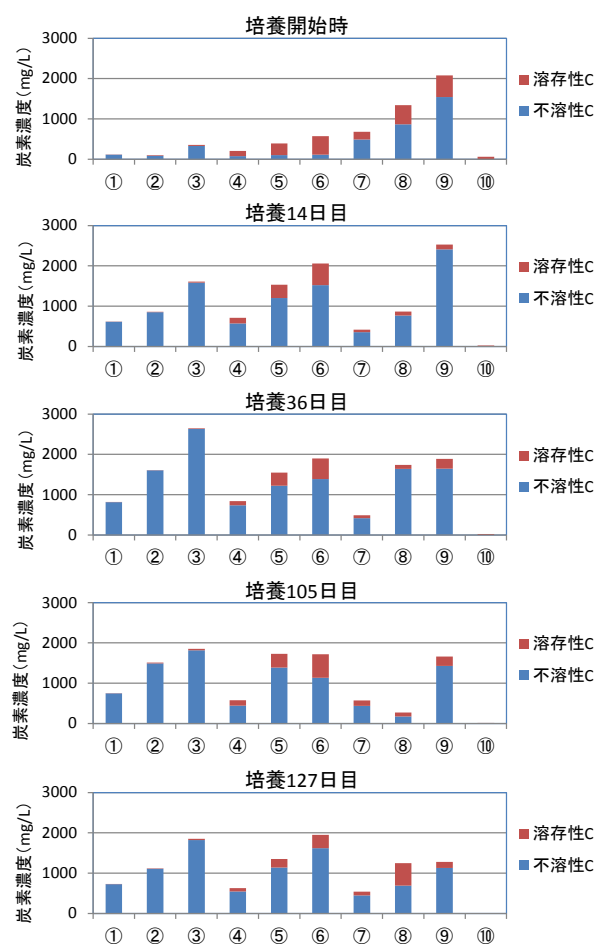


図-2 各培養条件による全炭素濃度の経時変化

3. 2 全有機炭素 (TOC) の経時変化

各培養液中の全有機炭素濃度 (TOC) の経過を図-2 に示す. 培養開始時の試料採取は, 添加した有機資材が不均一の状態では採取したため, TOC 濃度が添加量から換算される値よりも低い値となった. その後は, PLA-I, PLA-II は材料が均一に分散し, 培養 14 日目以降の TOC 濃度は各添加量に応じて増加する傾向を示した. PLA-I は, 溶溶性有機炭素 (DOC) の割合が低くなり, 脱塩素化が進行した条件②③の平均 DOC は②12mg/L, ③26mg/L であった. また, 培養 127 日目の TOC 濃度から, 試料採取に伴う流出分は考慮しても培養開始時の投入量の 90% 以上の樹脂が固形分 (紛体) として残存していることが確認された. PLA-II は, PLA-I と比較すると培養開始から DOC の割合が高く, 樹脂添加量が最も少ない条件④でも平均で 120mg/L の値を示した. 固形分としての残存炭素量は, PLA-I と同等の 90% 前後の残存量となった. 一方, 浄化剤 A は, 他材料と比較すると培養開始時の DOC 濃度が高く. 培養経過に伴って培地中に油状の塊が生成するようになり, TOC 濃度が大きくばらつき, *cis*-1, 2-DCE 以降の脱塩素化が培養 127 日目でも明確に進行しなかった.

4. まとめ

嫌気性微生物によって長期的に VOCs の脱塩素化が持続する浄化剤として, PLA 樹脂加工品を検討した. 本試験で検討した PLA-I 及び PLA-II は VOCs 脱塩素化剤として適用可能であり, 材料からの DOC 溶出量が比較的低濃度で維持される場合に脱塩素化が進行することが示された. 今後は, カラム試験により PLA 樹脂加工品の長期的な DOC 溶出特性について検討していく予定である.

参考文献

- 1) 伊藤雅子, 高畑陽, 他 (2012) 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp374-377.
- 2) 伊藤雅子, 根岸昌範, 他 (2006) 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp409-412.