

液系浄化材と浄化菌を用いる塩素化エチレン類汚染地下水の拡散防止技術の実証（その2）

大成建設（株）技術センター 正会員 ○渡邊 竜麻
 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

本報では、塩素化エチレン類で汚染された帯水層に *Dehalococcoides* 属細菌 UCH007 株¹⁾（以下、UCH007 株）の菌液を供給後、即効性浄化材を連続注入して浄化菌が活性化するバリアゾーンを形成させることによる長期的な汚染地下水の拡散防止効果について検討した結果を前報（その1）に引き続き報告する。

2. 試験方法

2.1 実証試験サイトの概要、試験装置、および試験フロー

実証試験サイトの概要、使用した試験装置、試験の全体フローは前報（その1）に記載した。

2.2 浄化材の連続注入

UCH007 株を含む菌液を注入した4週間後から、バリアゾーンの還元状況を継続的に維持するために各注入管から TM-BioQuick²⁾希釈液（全有機炭素濃度：約40 g/L）の連続注入を開始した。20L ボトルに貯留した TM-BioQuick 希釈液を、チューブポンプを用いて約500 mL/日の送液量で各注入管から帯水層に供給した（図1）。

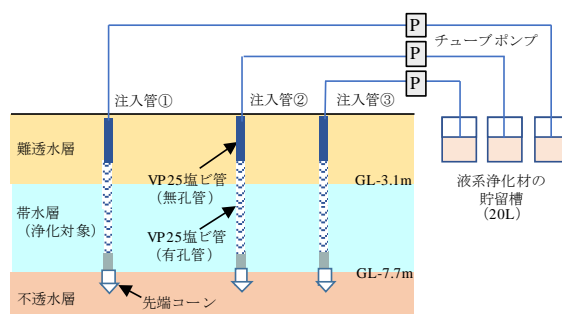


図1 バイオバリア浄化装置の概略断面図

2.3 地下水試料の採取と各種測定方法

各注入管および観測井戸において、GL-5.0 m の深度から一定量パージを行った後に地下水を定期的に採取した。地下水試料の採取後、観測井戸②において投げ込み式多項目測定器を地下水採取深度に設置して酸化還元電位（以下、ORP）を測定した。地下水中の溶存性有機炭素濃度（以下、DOC 濃度）、無機炭素濃度（以下、IC 濃度）及び硫酸イオン濃度は、採取直後に0.22 μm のメンブレンフィルターで濾過処理を行い、TOC 計およびイオンクロマトグラフによりそれぞれ測定した。地下水中の塩素化エチレン濃度は、ガスクロマトグラフ質量分析計を用いて測定した。全菌（16S rRNA 領域）、*Dehalococcoides* 属細菌、および UCH007 株の遺伝子コピー数（以下、全菌数、DHC 菌数、UCH007 株菌数）は、定量 PCR 法により決定した¹⁾。

3. 試験結果

3.1 浄化材の連続注入による還元状況の変移

注入管への浄化材の連続注入による嫌気的なバリアゾーンの形成状況を把握するため、地下水中の ORP と硫酸イオン濃度を測定した結果を図2に示す。連続注入開始後から ORP は低い状態を維持しており、嫌気的な環境を維持できていた。硫酸イオン濃度は浄化材の連続注入を開始後に急激に低下し、硫酸還元領域に達した。バリアゾーンは137日目まで硫酸還元状態を維持していた。

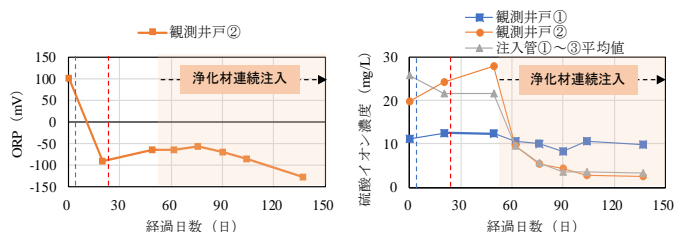


図2 酸化還元電位（左）と硫酸イオン濃度（右）の経時変化（---：浄化材の初期注入日，---：培養液の注入日）

キーワード 塩素化エチレン類、バイオバリア、*Dehalococcoides* 属細菌、バイオオーグメンテーション
 連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL045-814-7224

3.2 浄化材の微生物による消費状況

浄化材の微生物による消費状況を把握するために、地下水中の DOC 濃度と IC 濃度を測定した結果を図 3 に示す。浄化材の連続注入開始以降、各注入管と観測井戸②では DOC 濃度は徐々に高くなったが、最下流部に設置する観測井戸①の DOC 濃度に有意な変化が生じなかった。IC 濃度は、観測井戸①以外の井戸で浄化材の連続注入開始後から増加した。以上の結果より、浄化材中の有機物は観測井戸①までは拡散せず、注入管から観測井戸②までの範囲で地盤中の微生物によって消費され、その結果として無機炭酸が生成したと考えられた。

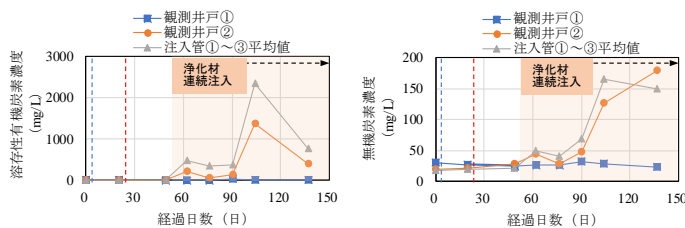


図3 DOC 濃度 (左) と IC 濃度 (右) の経時変化
(---: 浄化材の初期注入日, - - -: 培養液の注入日)

3.3 浄化菌の挙動と塩素化エチレン類濃度推移

各観測井戸及び注入管の全菌数、DHC 菌数、UCH007 株菌数の経時変化を図 4 に示す。また、トリクロロエチレン (TCE)、1,2-ジクロロエチレン (1,2-DCE)、クロロエチレン (VC) の経時変化を図 5 に示す。菌液の供給後に注入管では UCH007 株が増加し、浄化材の連続注入後は UCH007 株が観測井戸②で 3 オーダー以上増加した。その後も浄化材を継続的に注入することによって高濃度の菌数が維持された。また、塩素化エチレン類は浄化材の連続注入開始後、注入管及び観測井戸②において急激に減少し、137 日目の観測井戸②では若干のリバウンドが見られるものの、浄化開始時よりも塩素化エチレン類の濃度が 1 オーダー以上減少していることを確認した。観測井戸①では塩素化エチレン類濃度の大幅な濃度上昇が生じていないことから、地下水中の塩素化エチレン類は下流側に移行する前にバリアゾーンにおいて UCH007 株を中心として浄化菌によって脱塩素化され、塩素化エチレン類の下流部への拡散が抑制されていると推察した。

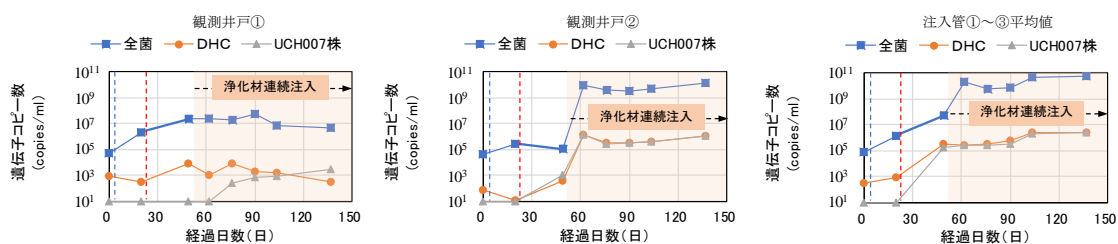


図4 全菌, *Dehalococcoides* 属細菌, 及び UCH007 株の遺伝子コピー数の経時変化
(---: 浄化材の初期注入日, - - -: 培養液の注入日)

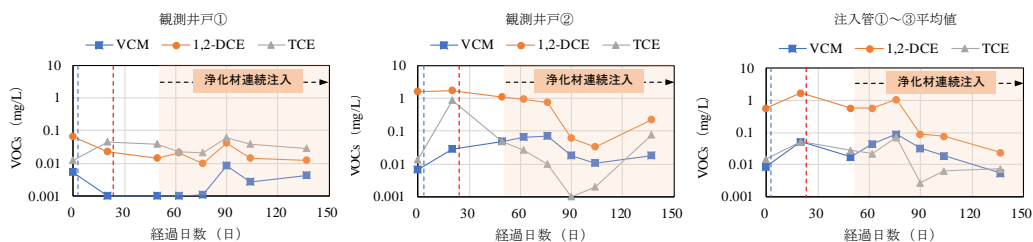


図5 各観測井戸の塩素化エチレン類濃度の経時変化
(---: 浄化材の初期注入日, - - -: 培養液の注入日)

4. おわりに

狭い間隔で設置した注入管から菌液を供給後、連続的に浄化材を供給することにより、導入した浄化菌 (UCH007 株) が長期的に維持されて塩素化エチレン類で汚染された地下水を浄化できるバリアゾーンを形成できることを本試験で確認した。引き続きデータを取得して、長期的な拡散防止効果を確認する予定である。

参考文献

- 1) 伊藤雅子ほか: 土木学会論文集 G, Vol.78, No.1, pp.1-12, 2022.
- 2) 高畑陽ほか: 環境浄化技術, Vol.18, No.5, pp.38-41, 2019.