

Rhodococcus jostii RHA1 株を用いる塩素化エチレン汚染地下水の浄化実証試験 (その 2)

大成建設 (株) 技術センター 都市基盤技術研究部 正会員 ○渡邊 亮哉
 大成建設 (株) 技術センター 都市基盤技術研究部 正会員 伊藤 雅子
 大成建設 (株) 技術センター 都市基盤技術研究部 正会員 高畑 陽

1. はじめに

Rhodococcus jostii RHA1 株 (RHA1 株) は 0.1% 程度の過酸化水素 (H₂O₂) に耐性があり、分解時に必要な酸素を供給する方法として H₂O₂ を使用できる可能性がある。本報では、RHA1 株を実汚染サイトに導入する実証試験の酸素供給方法として H₂O₂ を RHA1 株と同時に導入した条件での試験結果について詳述すると共に、H₂O₂ の添加条件を実証試験前に検討した室内試験の結果について報告する。

2. 室内試験

2.1 試験方法

RHA1 株は H₂O₂ を水と酸素に分解することができる酵素 (カタラーゼ) を産生する細菌である。RHA1 株の導入菌数に対する H₂O₂ の消費速度の関係を明らかにするため室内試験を行った。122 mL 容ガラスバイアル瓶に蒸留水、RHA1 株、H₂O₂ が合計で 50 mL となるように添加し、表 1 に示す 4 条件を作成した。バイアル瓶は 20℃ の恒温室で静置培養し、経過時間毎に上澄み液を採取して H₂O₂ 濃度を測定した。

表 1 室内試験条件

条件	RHA1株菌数 (cells/mL; 終濃度)	H ₂ O ₂ 濃度 (%; 終濃度)
コントロール	無し	0.1
菌添加①	1.0×10 ⁶	
菌添加②	1.0×10 ⁷	
菌添加③	1.0×10 ⁸	

2.2 試験結果

図 1 に RHA1 株の導入菌数に対する H₂O₂ 濃度の経時変化を示す。コントロールでは 1 週間以上経過しても H₂O₂ が消費されず残存した。菌添加①、菌添加②の条件では、約 1,100, 400 mg/L の H₂O₂ が最終的に残存した。一方で菌添加③の条件では、1 ~ 2 時間で H₂O₂ が分解した。この結果より、0.1% の H₂O₂ に対し 1.0×10⁸ cells/mL の RHA1 株を導入することで、H₂O₂ を残存させず迅速に酸素に変換できることが示された。しかし、土壌が存在する条件では、H₂O₂ はカタラーゼを生成する細菌によって分解される一方で、土壌や地下水中の鉄分等の触媒と反応して微生物に有害なヒドロキシラジカルとなる。

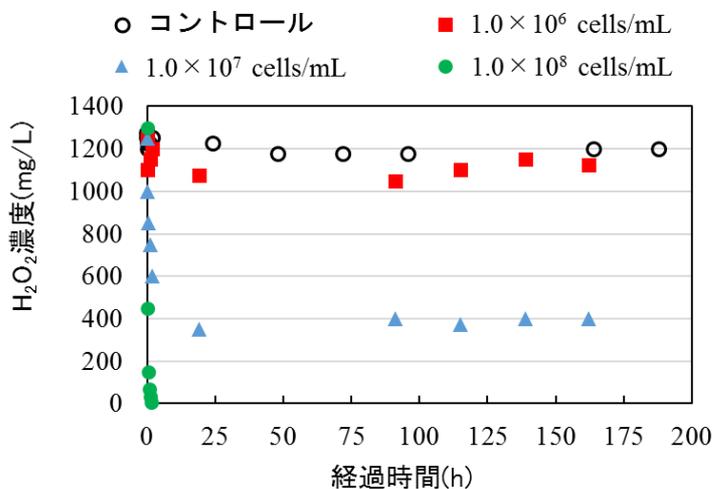


図 1 RHA1 株の導入菌数に対する H₂O₂ 濃度の経時変化

。そのため、RHA1 株のカタラーゼ生成が阻害され、H₂O₂ が速やかに消費されずに残存する結果が示されている¹⁾。実証試験では H₂O₂ が短時間で全て消費できるように、RHA1 株の投入量 (終濃度で約 1.0×10⁸ cells/mL) に対して H₂O₂ の添加量を地下水拡散後の終濃度で約 0.02% (投入濃度で 0.2%) に設定した。

3. 実証試験

3.1 試験方法

実証試験方法は「Rhodococcus jostii RHA1 株を用いる塩素化エチレン汚染地下水の浄化実証試験 (その 1)」に示すキーワード RHA1 株, バイオオーグメンテーション, 塩素化エチレン類, 過酸化水素

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 TEL 045-814-7240

した。注入井戸および3箇所の観測井戸の地下水に対して、溶存酸素濃度 (DO) と H_2O_2 濃度を測定した。

3.2 試験結果

注入井戸、およびそこから 80cm 離れた観測井戸における DO 濃度、 H_2O_2 濃度の経時変化を図 2 に示す。観測井戸は 3 箇所の平均値を示している。DO は注入井戸で装置の測定上限値 (20 mg/L) を超えたことから、 H_2O_2 が分解されて酸素が発生し、地下水中の DO が過飽和状態になっていることが確認された。一方、観測井戸の DO は大きく上昇していないことから、発生した酸素を含む地下水が注入井戸付近に留まったと考えられる。この要因として、本実証試験では鋼矢板により外部と遮断されて地下水流動が無い状態であるため、注入井戸付近の酸素を含む地下水が周辺に拡散しなかったためと推測された。また、今回は RHA1 株を注入した直後に H_2O_2 を注入している。そのため、注入井戸付近に高濃度で存在した RHA1 株によって局所的にカタラーゼ反応が集中的に起こり、多量の酸素が発生したと考えられる。また周囲の観測井戸では H_2O_2 が検出されなかったことから、 H_2O_2 は注入井戸から周囲の観測井戸に拡散する前に分解されたと考えられる。

注入井戸では、カタラーゼ反応によって H_2O_2 濃度が 1 日以内に約 1,300 mg/L から約 400 mg/L まで大きく減少した。しかし、 H_2O_2 が数時間で消費された条件よりも RHA1 株を多く導入した実証試験では、 H_2O_2 の完全な消費に数日を要した。この要因として、 H_2O_2 の帯水層への導入によってヒドロキシラジカルも同時に生成し、一部の RHA1 株のカタラーゼ反応が阻害を受けた可能性が考えられる。

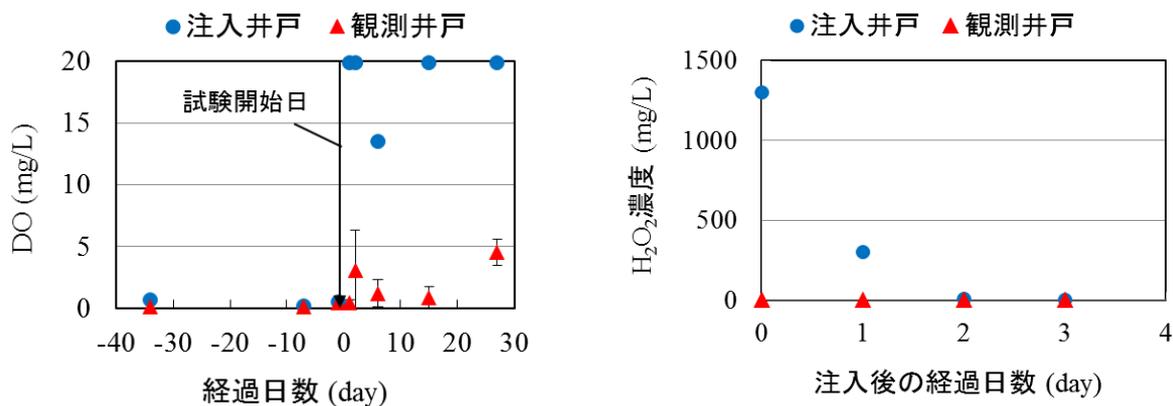


図 2 DO, H_2O_2 濃度の経時変化

4. 考察

室内試験より RHA1 株菌数と H_2O_2 の供給量を調整することで、カタラーゼ反応によって地下水中に速やかに酸素を供給できる可能性が示された。しかし、実証試験では区画全体で RHA1 株による *cis*-DCE の有意な分解がみられなかった。この要因として、1) カタラーゼ反応により注入井戸付近で集中的に H_2O_2 からの酸素生成が生じたため、 H_2O_2 水の注入により井戸周辺に拡散した RHA1 株に浄化に必要な H_2O_2 (酸素) が供給されなかった、2) RHA1 株注入後に H_2O_2 を同じ井戸から注入したが、注入井戸付近に存在した RHA1 株が注入井戸から流入してくる高濃度の H_2O_2 から生成したヒドロキシラジカルによって阻害を受け、*cis*-DCE の分解ができなくなった、などの理由が考えられた。

浄化効果を高めるためには、 H_2O_2 による RHA1 株の阻害を最小限に抑える注入方法が必要と考えられた。具体的には、複数の井戸から RHA1 株および H_2O_2 を分散させて注入し、地下水中の濃度が均等になるように H_2O_2 と RHA1 株を注入後に地下水を速やかに循環させる方法などが有効であると考えられた。

本試験は、環境省受託事業である「平成 27 年度低コスト・低負荷型土壌汚染調査対策技術検討調査」で実施したものである。

参考文献

- 1) 渡邊亮哉ら：土木学会第 71 回年次学術講演会 VII 部門，pp.43-44，2016。