

ベンゼン汚染地下水の過酸化水素水添加による浄化効果の検討

大成建設株式会社 正会員 ○伊藤 雅子
 大成建設株式会社 正会員 高畑 陽
 東邦ガス株式会社 正会員 桐山 久

1. はじめに

ベンゼンによる土壌・地下水汚染対策として微生物による浄化工法が実用化されている。一般的に、嫌気環境下におけるベンゼンは分解速度が遅く、浄化方法が限られている¹⁾。一方、好気環境下におけるベンゼンの微生物分解は比較的容易に進むため、過酸化水素水を用いて酸素を供給する方法が検討されている²⁾³⁾。過酸化水素水は酸素発生薬剤の一つであり、最終的には無害な水と酸素に分解されるため環境負荷が小さい薬剤であるが、その一方で強力なヒドロキシラジカルを生成する微生物の殺菌剤であることが知られている。

本報では、ベンゼン汚染サイトから採取した地下水および土壌を用いて、嫌気条件下における過酸化水素水の添加によるベンゼン分解の促進効果とそれに伴う微生物への影響について調べた結果を報告する。

2. 過酸化水素水添加によるベンゼン分解の影響

2.1 試験方法

全量 70mL の滅菌ガラスバイアル瓶に実汚染サイトから採取した地下水を 45mL (表-1) と同サイトから採取した土壌を 5g (表-2)、栄養塩としてリン酸溶液 (KH_2PO_4 21.9g/L+ K_2HPO_4 28.1g/L) を 50 μL を分注し、テフロン加工のブチルゴム栓で密栓した。バイアル瓶中の溶存酸素を除去するため、シリンジ針を 2 本用いて 300°C の還元銅カラムを通した窒素ガスを地下水に通気しながら気相のガスを排出する窒素置換を 10 分間実施した。脱酸素化した各バイアル瓶にベンゼン溶液 (500mg/L) を 200 μL と、表-3 に示す設定濃度の過酸化水素水 (和光試薬、過酸化水素含量 30%) をマイクロシリンジにより添加した。バイアル瓶は、ブチルゴム栓をテフロン製テープでシールし、20°C の恒温槽で 10rpm の振とう培養で行った。なお、各条件のバイアル瓶は複数本作成し、経時的に回収して分析に供した。ベンゼン濃度は GC-FID、酸素濃度は GC-TCD、アデノシン三リン酸 (ATP) はキッコーマン測定キットを用いて測定した。

2.2 試験結果

ベンゼン濃度と酸素濃度を定量した結果 (図-1)、過酸化水素水添加量が最も高い 0.5% の条件⑧では培養 2 日目に、過酸化水素水添加量 0.01% の条件③では培養 6 日目にベンゼンは非検出となった。一方、過酸化水素水添加量がこれらの中間に該当する 0.05%、0.1% の条件⑤、⑥では、培養 6 日目にベンゼン濃度が 20% 以上残存することが確認された。条件②から条件⑧までのベンゼン濃度の経時変化からベンゼンの半減期を求めた結果、半減期は 0.2~2.8 日となり、過酸化水素水添加量 0.05% の条件⑤の分解速度が最も遅くなった。

表-1 汚染サイトおよび地下水の性状

測定項目	単位	測定値
pH	-	6.0
溶存酸素	mg	0.2
酸化還元電位	mV	-268
電気伝導度	mS/m	69
水温	°C	16.5
全有機炭素 (TOC)	mg/L	4.3
無機炭素 (IC)	mg/L	15.8
全窒素	mg/L	0.5
全菌数	cells/mL	1.5×10^6
全鉄	mg/L	1.1
二価鉄	mg/L	0.9
ナトリウムイオン (Na^+)	mg/L	56.3
アンモニウムイオン ($\text{NH}_4\text{-N}$)	mg/L	0.3
カリウムイオン (K^+)	mg/L	6.8
マグネシウムイオン (Mg^{2+})	mg/L	9.9
カルシウムイオン (Ca^{2+})	mg/L	27.8
塩化物イオン (Cl^-)	mg/L	34.4
亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$)	mg/L	<0.1
硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	mg/L	<0.1
臭化物イオン (Br^-)	mg/L	<0.1
オルトリン酸 ($\text{PO}_4\text{-P}$)	mg/L	0.6
硫酸イオン (SO_4^{2-})	mg/L	196
ベンゼン	mg/L	0.041
トルエン	mg/L	0.003

表-2 試験土壌 (GL-6.0~9.0m より採取)

測定項目	単位	測定値
含水量	%	19.2
強熱減量	%	1.2
pH	-	7.9

表-3 30%過酸化水素水試薬の添加条件

試験条件	30% 過酸化水素水試薬添加量 (%)
①	0
②	0.0025
③	0.01
④	0.025
⑤	0.05
⑥	0.1
⑦	0.25
⑧	0.5

キーワード バイオレメディエーション, ベンゼン, 過酸化水素水

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 TEL045-814-7217

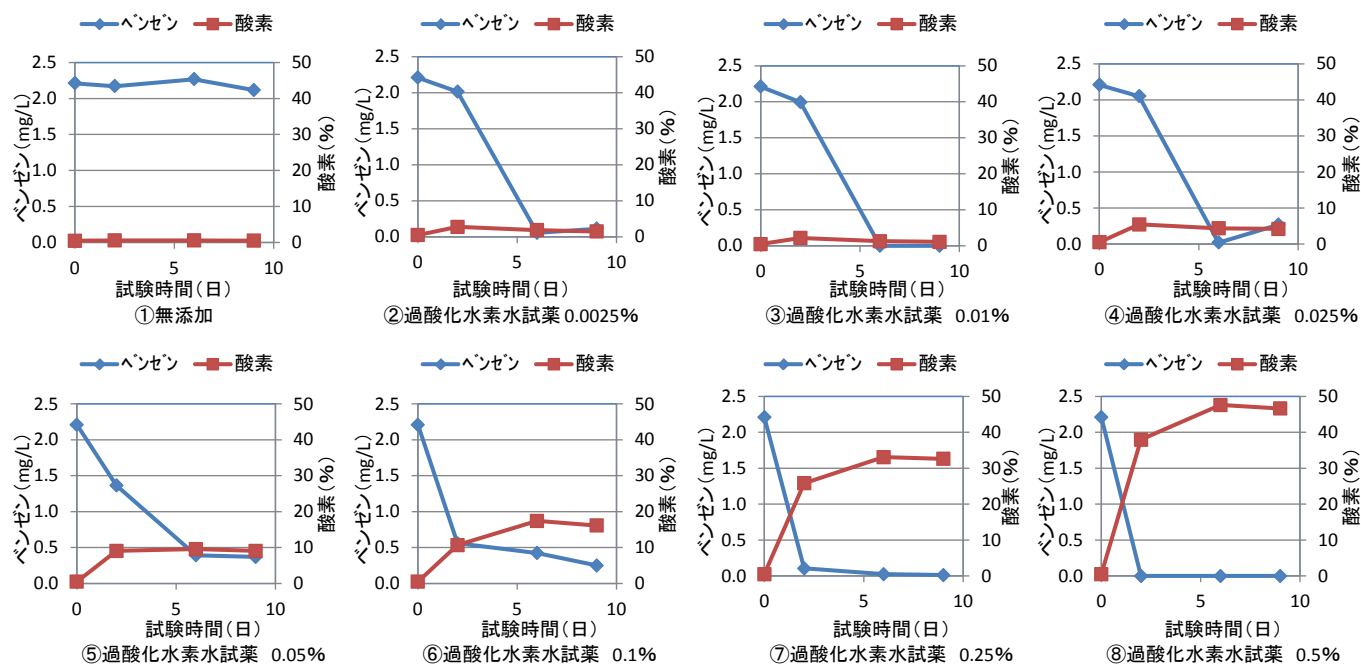


図-1 30%過酸化水素水試薬添加量に対するベンゼンと気相中の酸素濃度の推移

気相部の酸素濃度は、過酸化水素水の添加量に比例して高くなり、過酸化水素水を 0.25%以上添加した条件⑦、⑧では、大気中の酸素濃度 (21%) よりも高い値となった。培養 2 日目から 6 日目に、過酸化水素水添加量 0.1%以上の条件⑥、⑦、⑧では気相部の酸素濃度が増加した一方、過酸化水素水添加量 0.025%以下の条件②、③、④では酸素濃度が低下した。条件②、③、④における酸素濃度の低下は、微生物によるベンゼン分解に伴って消費されたものと推測された。

微生物活性の指標となる ATP は (図-2)、過酸化水素水添加量 0.025~0.1%の条件④、⑤、⑥で培養 2 日目の値が低下したが、培養 6 日目には回復する傾向が示された。過酸化水素水 0.25%以上添加した条件⑦、⑧では、培養 6 日目も ATP 活性は低い値を示した。本試験では、微生物活性の阻害を受けずに過酸化水素水から生成する酸素をほぼ消費してベンゼン分解する領域 (過酸化水素添加量 0.0025~0.025% ; 条件②、③、④)、微生物活性の阻害を受けるために微生物分解速度が低下する領域 (過酸化水素添加量 0.05~0.1% ; 条件⑤、⑥)、微生物活分解を受けずに酸化分解によりベンゼン濃度が減少する領域 (過酸化水素水添加量 0.25~0.5% ; 条件⑦、⑧) の 3 領域にベンゼンの分解傾向が分かれることが示された。

3. まとめ

本試験の結果、過酸化水素水試薬の地下水での存在量によってベンゼンの分解特性や分解速度が異なることが示された。過酸化水素水を注入して浄化を行う場合には、このような特性を理解して供給濃度および供給量を決定することが重要と考えられた。

参考文献

- 1) 伊藤雅子ら (2012) 第 67 回土木学会年次学術講演会, VII部門, p299-300.
- 2) 大島義徳ら (2008) 第 14 回地下水・土壌汚染とその防止に関する研究集会講演集, p 484-488.
- 3) 桐山久ら (2009) 第 15 回地下水・土壌汚染とその防止に関する研究集会講演集, p 25-28.

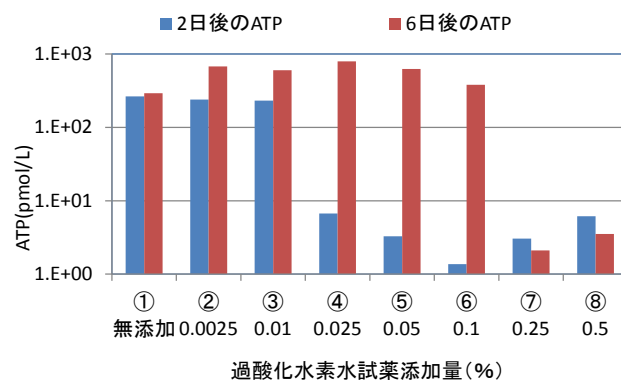


図-2 過酸化水素水試薬の添加による ATP の推移