

嫌気バイオ分解促進剤による浄化効果と二次的影響について

鹿島建設(株) 正会員 ○伊藤 圭二郎 河合 達司 浜村 憲

1. 研究背景

CVOCs 汚染地盤においては、より低コストで処理するため原位置で分解無害化する手法が要望されてきている。原位置での処理技術としては、化学的な分解によるものとしてフェントン法などの酸化剤や鉄粉等の還元剤があり、微生物によるものとして有機物を主成分とする薬剤を地盤中に入れることで水素を発生させ、脱塩素化反応に寄与する嫌気バイオによる分解を促進させる手法がある。本稿では、後者である嫌気バイオ分解促進剤（以下促進剤）について、浄化効果及び pH に着目した二次的な影響を現場実験により検討した結果を報告する。

2. 現場実験条件

現場実験は、帯水層厚 5m (GL-7 ~ -12m)、透水係数 5.0×10^{-3} cm/s の被圧帯水層で、周辺井戸の水位測定結果から、平均的な地下水実流速は 5 ~ 10cm/day と推定される。地下水は TCE が数年間継続的に 0.1mg/L 程度以上検出され、cis-1,2-DCE 及び塩化ビニルモノマーが生成していることから、それらの反応に寄与する微生物が存在する地盤であると推定される。

促進剤の注入については、促進剤を水溶液にして井戸から注入し、図 - 1 のようなイメージで井戸周辺に拡散させた。促進剤水溶液濃度は室内試験で効果が確認されている濃度に安全率 1.5 を見込んで 0.03% とし、約 1 週間で 40m³ 注入し、同時に非分解性トレーサーとして臭素イオンを 130mg/L に調整して注入した。

3. 注入後のモニタリング結果

3.1 希釈効果及び注入液の広がり の推定

促進剤水溶液に混合したトレーサー濃度の分析結果を図 - 2 に示す。注入液の臭素イオン濃度については 5m³ の注入を行うごとにサンプルを採水し、臭素イオン濃度を分析した結果の平均値を併記している。注入液の臭素イオン濃度と比較して注入後の井戸内地下水臭素イオン濃度は 50 日後までの平均で 6 割程度と低く、原地盤の地下水が 4 割程度混合している結果となっている。この

結果から、希釈効果により地下水中の CVOCs 濃度は注入前の 4 割程度に低下すると推定される。また、図 - 2 では注入後 50 日以降で臭素イオン濃度が低下する傾向にある。このため、50 日後までは注入液が 6 割程度まで原地盤の地下水により希釈された場合であり、十分な浄化効果が期待できると予想され、その後はさらに平均 2 割程度まで希釈されているため、浄化効果が低くなると予想される範囲である。注入時の浸透範囲については、50 日後までに井戸へ到達した地下水を浸透範囲と考えると、地下水実流速 5 ~ 10cm/day であることから図 - 1 のように直径 5 ~ 10m と推定される。

3.2 浄化効果

注入井戸で経時的に採水した地下水の CVOCs 濃度分析結果を図 - 3 に示す。注入前は比較的一定の濃度であったが、十分な浄化効果が期待できる 50 日後までの結果からは、TCE 濃度は注入前の 1/30 ~ 1/100 程度に顕著に低下し、明確な変化がみられている。cis-1,2-DCE についてもばらつきはあるものの、検出限界以下の数値もあるため、分解による濃度低下が生じていると考えられる。なお、TCE についても 100 日後以降でリバウンド傾向にあるが、3.1 で述べたとおり 50 日以降では臭素イオン濃度も低下しており、促進剤濃度が

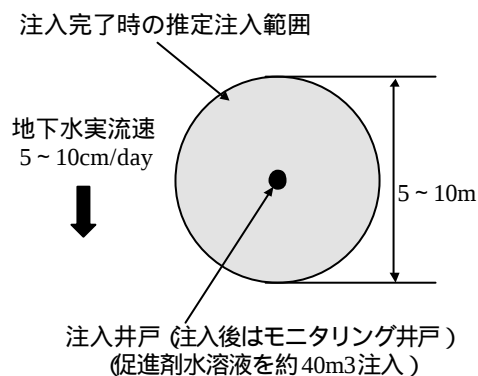


図 - 1 地下水流速と推定される平面的広がり

キーワード 嫌気バイオ, 分解促進剤, CVOCs 汚染地盤, 注入, pH

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 0424-89-7730

十分な濃度で到達していない上流側の汚染地下水流入による影響と考えられる。また、希釈効果については前述の臭素イオン濃度の結果だけでなく、注入直後に cis-1,2-DCE が注入前のデータと比較しても高い値であることから、分解と比べて小さい効果であることが推定される。

硫酸イオン濃度分析結果を cVOCs と同時に図 - 3 に示す。注入前には 100mg/L 程度存在した硫酸イオンについては、注入直後に 0.1mg/L 未満まで低下しており、促進剤注入により硫酸還元菌の活動が高まった影響と考えられる。硫酸還元菌の活性領域と脱塩素反応の活性領域はラップしていることは既往の事実であるが、本実験でも同様のことを示す結果が確認された。

4. 促進剤注入に伴う二次的な影響

促進剤注入後の二次的な影響の一つとして、注入した有機物から生成する有機酸による地下水 pH の低下が考えられる。このため、注入後の pH の経時変化を測定し、その結果を図 - 2 に示す。注入直後に 1 程度低下した後で少しずつ原地盤の pH に戻る傾向がある。促進剤注入による pH の低下に対しては、pH 緩衝剤を併用することで抑制は可能であるものの、pH 低下により重金属等の溶出促進が起こりうるので、配慮すべきことと考えられる。

重金属の溶出懸念について検討するための一つの指標として、鉄イオン（2 価及び 3 価）を分析した結果を表 - 1 に示す。施工前後で鉄（ ）及び鉄（ ）イオンについては pH の上下に合わせて 2 ヶ月後では増加し、4 ヶ月後では 2 ヶ月後よりも減少している。鉄（ ）イオンの増加については、嫌気性となることにより 3 価の鉄が 2 価に

なる影響もあるが、鉄（ ）も溶出が一旦上昇しているため、pH による化学的な溶出促進の影響と考えられる。これらの pH の低下による溶出濃度の増加は、注入井戸では一時的なものと考えられるが、下流側への影響はあると考えられるため、事前に対象物質の溶出特性と pH 緩衝剤の量を十分に検討し、二次的な影響への配慮からモニタリング監視項目として pH や重金属を対象とすることが必要と考えられる。

5. まとめ

嫌気バイオ分解促進剤注入による浄化効果の確認及び二次的な影響を現場実験により検討した。その結果、浄化効果については有効性が確認される一方で、pH が低下するので二次的な影響への配慮が必要な手法であると考えられる。

参考文献

- ・浜村ら 嫌気バイオ促進剤の注入による浄化効果及び有効なモニタリング項目について 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 第 12 回 2006（投稿予定）。

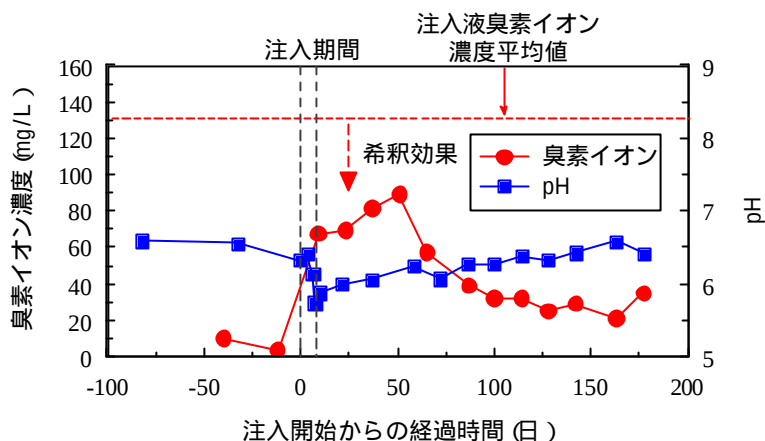


図 - 2 地下水中の臭素イオン濃度及びpHの経時変化

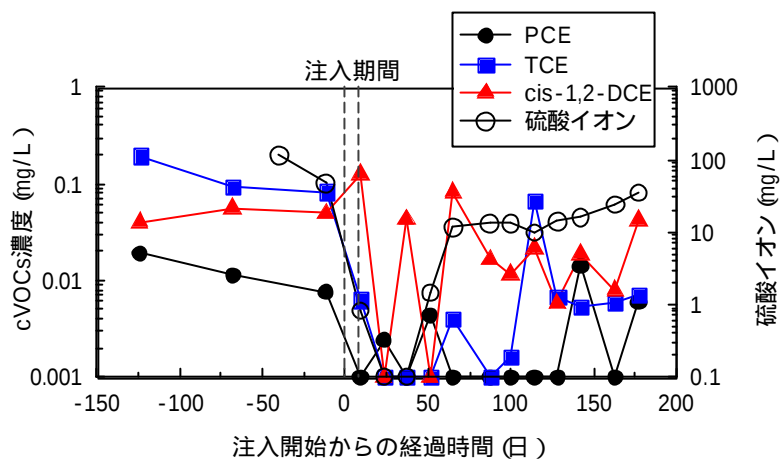


図 - 3 地下水中のcVOCs及び硫酸イオン濃度の経時変化

表 - 1 地下水中の鉄イオン濃度分析結果

	pH	鉄（ ）イオン (mg/L)	鉄（ ）イオン (mg/L)
施工 1ヶ月前	6.56	<0.05	<0.05
施工 2ヶ月後	6.07	6	1.1
施工 4ヶ月後	6.38	0.19	<0.05