

地下水中揮発性有機塩素化合物の自然減衰促進技術としてのバイオバリアの長期効果

Long-term effect of bio-barrier as enhanced natural attenuation technology for CVOCs in groundwater

中島 誠 [1]

Makoto Nakashima[1]

[1] 国際環境ソリューションズ (株)

[1] Kokusai Environmental Solutions Co., Ltd.

<http://www.k-es.co.jp>

操業中の工場等、汚染源対策の実施が難しい地下水汚染サイトでは、地下水汚染の拡散が防止され、人の健康リスクが許容されるレベルにある状態を維持しながら土地の活用を図ることが有効である。地下水汚染の拡散防止では遮水壁やバリア井戸が設置されることが多いが、これらの施設の設置により地下水流動阻害が生じるケースもあり、都市域の汚染サイトでは使用が難しいケースも想定される。このようなケースでは、自然の地下水の流れを利用し、下流側に流亡する地下水中の汚染物質の減衰を図る受動的な方法が有効である。

著者らは、テトラクロロエチレン (PCE) による汚染サイトの地下水汚染拡散防止対策として、半受動的浄化技術に分類されるバイオバリアを設置し、地下水中揮発性有機塩素化合物 (CVOCs: Chlorinated Volatile Organic Compounds) の自然減衰促進 (ENA: Enhanced natural attenuation) を試みた。バイオバリア設置前における CVOCs 濃度は PCE が 0.39mg/L、トリクロロエチレン (TCE) が 0.05mg/L、シス-1,2-ジクロロエチレン (cis-1,2-DCE) が 0.23mg/L であり、自然減衰による PCE、TCE および cis-1,2-DCE の半減期はそれぞれ 1700 日、320 日、1300 日であると算定された。バイオバリアは、ポリ乳酸エステルを主成分とする水素徐放剤 (Regenesis 社製、HRC) を年 1 回のペースで 7 本の注入井から注入することにより継続して形成させた。

本研究では、バイオバリアの上流側 (W1) および下流側 (W2) の観測井において約 8 年間の地下水モニタリングを行い、その結果をもとに ENA の長期的な効果を評価した。

汚染原因物質である PCE の汚染源からの供給が止まったため、W1 の各 CVOC 濃度は低下傾向を示したが、全期間を通じて PCE および cis-1,2-DCE の濃度が地下水環境基準を超過していた。これに対して、W2 の PCE および TCE の濃度はバイオバリア設置直後から低下傾向を示し、cis-1,2-DCE の濃度は 36 日後まで上昇した後、低下傾向を示した。1 回目に注入した水素徐放剤による ENA 効果の寿命を確認した後、423 日目に 2 回目の水素徐放剤注入を行っており、それ以降は年 1 回、ENA 効果の寿命の前に水素徐放剤の再注入を行っている。W2 の PCE および cis-1,2-DCE の濃度はそれぞれ 1779 日目、1961 日目に地下水環境基準に適合するようになり、TCE は 400 日目から 1142 日目まで地下水環境基準を超過していた。2332 日以降は W2 で各 CVOC が検出されなくなっている。各 CVOC の一次分解速度定数および半減期の長期変化を自然減衰解析コード BIOCHLOR (Groundwater Services 社製) を用いて算定した。バイオバリアの設置後は各 CVOC の半減期が大幅に短くなっており、379 日目の段階で半減期が PCE で 4.6 日、TCE で 3.4 日、DCEs で 13 日、塩化ビニル (VC) で 1.3 日まで短縮していた。一次分解速度定数および半減期は時間とともに安定し、463 ~ 1934 日目における CVOCs の半減期は PCE で 6.7 ~ 13 日、TCE で 4.5 ~ 12 日、DCEs で 20 ~ 65 日、VC で 1.6 ~ 6.3 日であった。その後、2024 日目 (5.5 年後) には各 CVOC の一次分解速度定数が再度上昇し、2024 ~ 2934 日目における CVOCs の半減期は PCE で 2.3 ~ 4.5 日、TCE で 2.1 ~ 3.9 日、DCEs で 1.6 ~ 3.4 日、VC で 0.8 ~ 3.8 日と短くなった。2934 日目 (8.0 年後) における PCE、TCE および DCEs の一次分解速度定数はそれぞれ自然状態 (0 日目) の 433 倍、130 倍、655 倍であり、CVOCs の自然減衰が大きく促進されている。

これらの結果は、バイオバリアによる ENA の効果が過去 8 年間継続して得られており、その効果のレベルが時間とともに少し変化していることを示している。