

難透水層 VOC 汚染に関する生物分解の適用性確認

(株)大林組 正会員○竹崎 聡

(株)大林組 正会員 西田 憲司

(株)大林組 正会員 日笠山徹巳

1. はじめに：難透水層における VOC 汚染の浄化は、これまで掘削除去や、鉄粉・酸化剤の原位置混合など、土地の形質変更を伴う手法を用いてきた。しかし、これらの手法は対策費用が高騰することが課題となる場合もあった。一方、生物分解は土地の形質変更をほとんど伴わず、低コストの対策が可能となるが、実施例の報告はほとんど無かった¹⁾。そこで筆者らは、実サイトにおいて実規模試験を行い、さらに砂層対象で実施した既往対策結果²⁾との比較により、栄養材の広がり、栄養材の濃度維持期間等の特性を明らかにし、難透水層での生物分解の適用性について確認した。

2. 試験状況：現地の地層を図-1 に示す。地層は地表面より GL-2.6m までは埋土、GL-2.6～-5.3m が試験対象とした粘土層、GL-5.3m 以深が砂層であった。試験対象層内 GL-3m および GL-4m の土壤溶出量は、トリクロロエチレンで 0.006mg/L および 0.009mg/L、シス-1,2-ジクロロエチレンで不検出および 0.006mg/L であった。試験対象層の間隙水濃度はトリクロロエチレン不検出、シス-1,2-ジクロロエチレン 0.05mg/L であった。難透水層の間隙水汚染は、帯水層への汚染の供給源となる場合も想定されるため、その存在量の低減を図ることは浄化の信頼性確保のため必要である。使用した栄養材は粘性のある液体で、地盤内では、その成分を徐放する性質をもつ。地盤への供給は、地中に打設した管の内部に栄養材を投入し、その後、管のみ引き抜き、栄養材を地盤中に充填することにより行った。また、充填範囲は、地上部で充填完了状況が目視確認できるように、図-1 に併記したとおり GL-5m より地表面部までとした。観測井の配置は、平面的な栄養材の広がり等を確認するため、図-3 に示したとおり栄養材充填位置を起点とした 35cm, 70cm, 100cm の位置で 2 方向とした。観測井のストレーナ設置深度は、試験対象層内の間隙水のみを集める目的で、図-1 に示す GL-3.0～5.0m とした。間隙水は GL-4m 付近で採取し、TOC、トリクロロエチレンおよび、シス-1,2-ジクロロエチレンを分析した。同サイトの砂層で、同じ栄養材を用いて実施した既往対策²⁾の観測井位置等の条件は、図-2、4 に記したとおりである。地下水は GL-8m 付近で採取し、TOC を分析した。

3. 試験結果：(1) 栄養材の浸透範囲：図-5 に間隙水中の TOC 濃度の推移を示す。当地における TOC 濃度のバックグラウンド値は 5～30mg/L と変動があるため、ここでは、TOC 濃度が 30mg/L を確実に上回る値を示した場合、観測井に栄養材が到達していると判断した。栄養材到達が確認された観測井、および TOC 濃度の最大値は、W-35 で 1200mg/L、S-35 で 910mg/L、および S-70 で 150mg/L であ

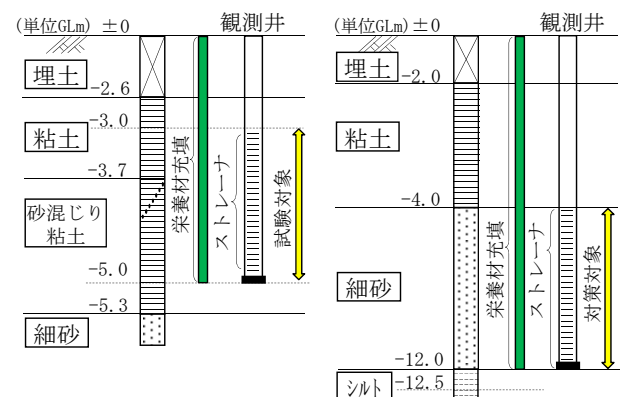


図-1 地層・栄養材充填・井戸設置状況図 (当試験)

図-2 地層・栄養材充填・井戸設置状況図 (既往砂層対策)

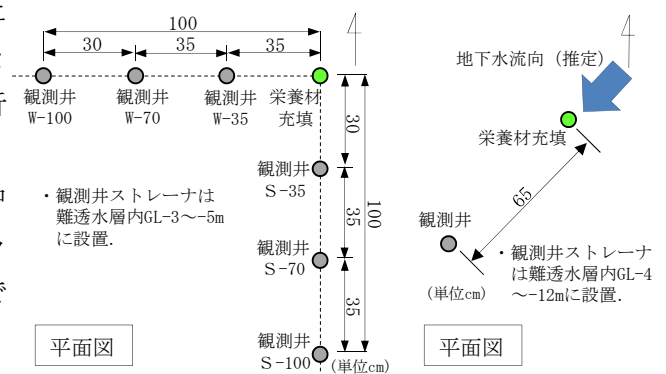


図-3 栄養材充填・観測井位置の関係 (当試験)

図-4 栄養材充填・観測井位置の関係 (既往砂層対策)

キーワード 汚染地下水, 難透水層, VOC, 浄化, 生物分解

連絡先

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組 環境技術第一部 TEL03-5769-1054

り、栄養材到達はその充填位置からの離れ 35cm で 2 方向、70cm では 1 方向、100cm では無い結果となった。このとおり、TOC 濃度は栄養材充填位置に近い井戸で高く、遠くなるほど低いことより、栄養材はその充填位置より拡散し、地盤中の微生物による消費を受けながらも地盤中を浸透していると推察された。栄養材の浸透距離に異方性が存在する理由としては、難透水路層であるので地下水による移流・分散を無視した場合、土質の違いや微生物の活性化程度が主たる原因³⁾と推察される。

(2) 栄養材の濃度維持期間：栄養材の到達が確認された W-35, S-35 および、砂層での結果を比較する。図-5 に示したとおり、TOC 濃度上昇の開始が確認されるのは、難透水路層では W-35 で栄養材充填の 20 日以降であるが、砂層では栄養材充填直後からであった。その後の TOC 濃度の変化量は、難透水路層では 362 日後においてもバックグラウンド値 30mg/L を下回らないが、砂層では 180 日後で 30mg/L 未満となった。これらの結果より、難透水路層での栄養材浸透の特徴は、砂層と比較し時間を要すること、および少なくとも 1 年間の濃度維持を確保できることであった。ここで、地下水流れがほぼ無い難透水路層では、栄養材の移動は、砂層で卓越する移流・分散と比較し、極めて緩やかな効果である分子拡散に依存する。そのため、栄養材が減少し難く、長期間の濃度維持が果たされていたものと推定される。

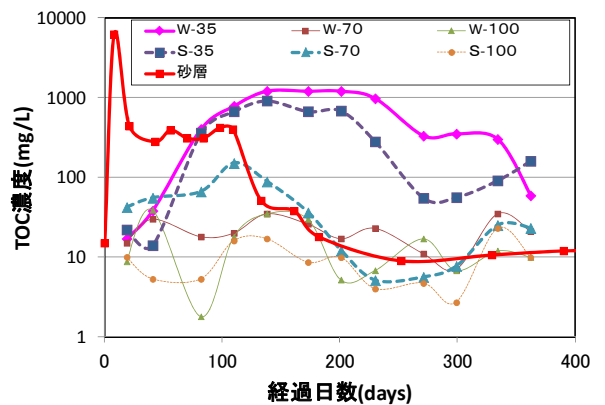


図-5 TOC 濃度の推移

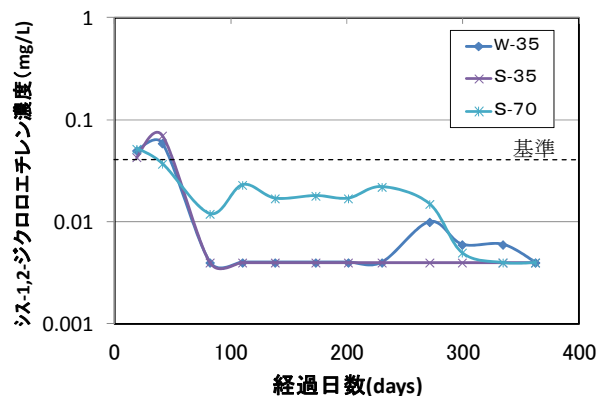


図-6 VOC 濃度の推移

(3) VOC の分解状況：図-6 に、栄養材の到達が確認された観測井 3 箇所におけるシス-1,2-ジクロロエチレン濃度（以下、cis-DCE 濃度記す。）の推移を示す。cis-DCE 濃度の初期値は 0.05mg/L であったが、いずれの位置においても濃度は低下しており、すべて基準適合となった。この結果より、徐放性栄養材を難透水路層に適用した結果、その範囲は 70cm と限定されるものの、生物分解による VOC 濃度低減の可能性を見出した。一方、S-35 および W-35 については、経過日数 100 日目には、cis-DCE 濃度は定量下限値 0.004mg/L 未満を示していたのに対し、S-70 においては cis-DCE 濃度は 0.02mg/L 程度までの低下に留まっていた。これは、栄養材の量も多く、またその濃度維持期間が長く確保された S-35 および W-35 と比較すると、S-70 は栄養材供給が十分でなく、生物分解が停止したため、VOC の残存が確認されたものと考えられる。また、S-70 は経過日数 250 日ごろより再び濃度が低下している。S-70 の TOC 濃度推移は増減を伴うものの 330 日で 35mg/L を示し、低濃度であるが栄養材の供給が示唆される状況にある。そのため、微生物分解が生じ VOC 濃度の低下が図られた可能性がある。

4. まとめ：徐放性栄養材を用いて難透水路層 VOC 汚染の生物分解を試みた。得られた結果を以下にまとめる。

- ・ 栄養材の到達範囲：栄養材充填位置より 70cm であった。
- ・ VOC の分解維持期間：栄養材充填位置より 70cm の位置において概ね 1 年間と推定された。
- ・ VOC の分解状況：VOC 濃度低減が確認され、徐放性栄養材による難透水路層の浄化の可能性を見出した。

【参考文献】1) 環境省環境管理局水管理部：地下水循環による生物学的浄化法，揮発性有機化合物による地下水汚染対策に関するパンフレット，参考資料 deta28，2004. 2) 竹崎聡，他：VOC 地下水汚染源への超徐放性栄養材の適用事例（その 2），第 19 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，（投稿中）3) 緒方浩基，他：VOCs 汚染地盤の原位置嫌気バイオ浄化用徐放性栄養材の開発，第 16 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，pp.606～609，2010.