

### 生物分解処理を用いたVOC汚染地下水の流出防止技術（第二報）

(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 峠 和男

#### 1. はじめに

敷地内に VOC 汚染源が存在し、地下水の流れが存在する場合、汚染地下水が敷地外へ流出する懸念がある。これまでの VOC 汚染地下水の流出防止対策は、バリア井戸を用いた揚水対策、浄化壁による汚染地下水の浄化対策等であった。筆者らは、地下水の流れを大きく変化させず、低コストで、稼動中の工場等にある狭隘箇所においても施工可能な方法として、井戸方式による生物分解処理に着目した<sup>1)</sup>。この手法は栄養材を井戸より地盤中へ定期的に注入することで、流下する汚染地下水を適宜浄化するものである。本報では、工法の概要を説明した後、現場適用性試験を行った結果を元に、浄化維持期間および栄養材の追加注入時期の設定方法について論じる。

#### 2. 工法概要と課題

##### (1)工法概要

工法概要を図-1 に示す。本工法では、地盤内に微生物栄養材の注入領域（以下、浄化帯と記す。）を構築し、微生物分解により汚染地下水を浄化する。流出防止対策手順は次のとおりである：①汚染地下水は敷地境界付近まで流下している。②栄養材を注入し、VOC 濃度が地下水基準値以下となる浄化帯を形成する。③浄化帯の地下水が敷地境界を通過する。しかし、時間が経過すると、新たな汚染地下水が敷地境界に近づく。④栄養材を追加注入し、新たな浄化帯を形成する。このように本手法では、常に浄化された地下水を敷地境界に到達させることにより、流出防止機能を維持する。

##### (2)課題

1 回の栄養材注入による浄化維持期間および、栄養材の追加注入時期が適切に設定可能か明確でない。

#### 3. 現場適用性確認試験

##### (1)目的

浄化維持期間および、栄養材追加注入時期を設定し、継続した浄化維持管理が達成可能かを検証する。

##### (2)試験サイトの状況

試験サイトの状況を図-2 に示す。汚染地下水はその流れにより工場敷地内に大きく広がっていた。帯水層の透水係数は  $2.8 \times 10^{-3} \text{cm/s}$  である。有孔間隙率を 0.2 と仮定した場合、地下水実流速は 1.9cm/day と推定された。地層構成を図-3 に示す。汚染地下水は GL-4~12m の帯水層で確認された。帯水層の自然水位は GL-3.0m、汚染物質は cis-1,2-DCE、試験エリアにおける濃度は 0.5mg/L であった。一方、地盤中には VC 分解酵素遺伝子を有する Dehalococcoides 属細菌の存在が確認されており、生物分解が期待できる状況であった。

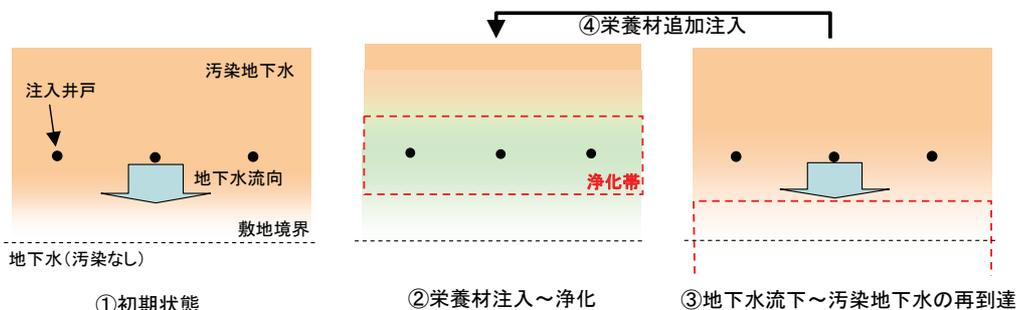


図-1 工法概要（平面図）

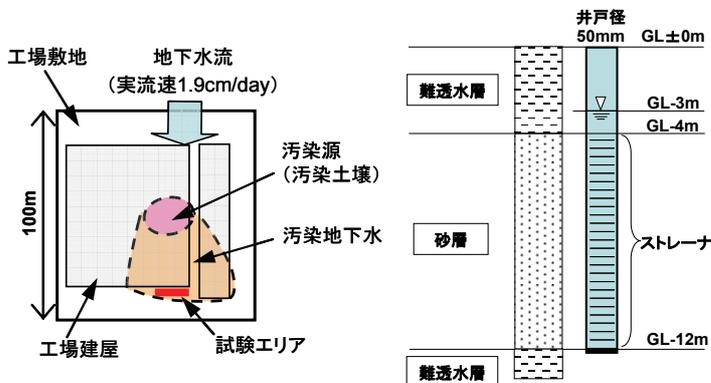


図-2 試験サイトの状況（平面図）

図-3 地層構成および井戸構造

キーワード VOC 汚染地下水 栄養材 バイオ 流出防止

連絡先 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 FAX03-5769-1905

(3) 試験方法

a) 注入量の設定

井戸1本からの栄養材注入範囲を図-4に示す49m<sup>2</sup>と仮定し、さらに栄養材で置換される間隙水を間隙率0.2と想定し、1回あたりの栄養材注入量を78m<sup>3</sup>(平面積49m<sup>2</sup>×層厚8m×有孔間隙率0.2)と設定した。栄養材は、試験期間中2回注入した。

b) 試験の手順

注入井および観測井の構造は図-3に示したとおりであり、ストレーナは帯水層深度GL-4~-12mに設けた。栄養材は水溶性材料を用いて、注入井戸より注入した。測定項目は、VOC成分(cis-1,2-DCE)、栄養成分(TOC)とした。観測井は図-4に示したように2箇所設置した。このうち観測井aは、注入井戸より地下水下流側に1.5m、観測井bは地下水の流向に対し直交する方向へ3.5m離れた位置に設置した。

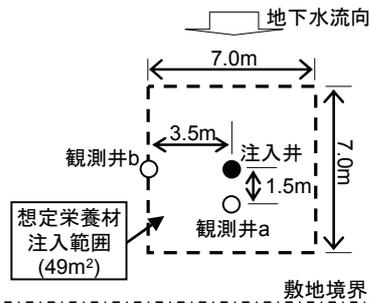


図-4 栄養材注入範囲設定(平面図)

4. 試験結果

(1) 初回注入の結果

観測井aにおける、cis-1,2-DCE(以下、VOCと記す。)濃度変化を図-5に示す。観測井bは初回注入直後よりVOC濃度が地下水基準未満となり、生物による分解効果が確認できなかったためVOC濃度変化は示していない。なお、栄養材到達濃度は観測井a,bともにほぼ同じ値を示していた<sup>1)</sup>。

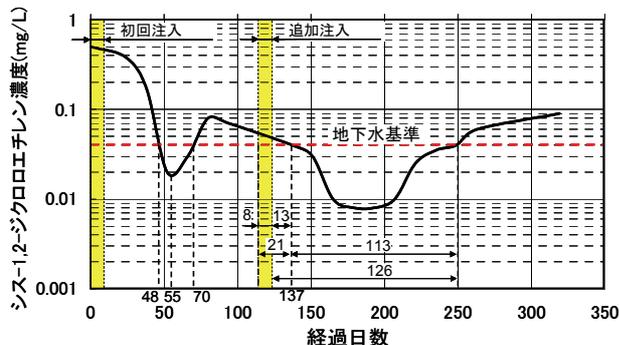


図-5 VOC濃度変化(観測井 a)

VOC濃度は、48日後に地下水基準を満たすものの、70日以降は地下水基準を再度超過する状況となった。地下水の流速を考慮すると、VOC濃度が上昇を始めた55日目で上流側の新たな汚染地下水が観測井aに達する可能性は低く、VOC濃度の上昇は、VOCの分解が完全でなかったことに起因していると考えられた。

観測井aのTOC濃度を、注入栄養材のTOC濃度に対する比で表し、その変化を図-6に示す。経過日数70日のTOC濃度比は、VOC分解に必要な値0.08を下回っており、これ以上のVOC分解は期待できない状況にあった。

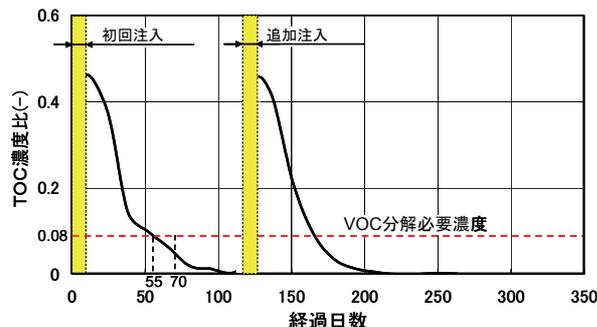


図-6 栄養材濃度比変化(観測井 a)

(2) 追加注入の結果

そこで、さらなるVOC分解を行う目的で、栄養材の追加注入を行った。栄養材の追加注入により図-5に示すとおりVOC濃度は低下し、追加注入13日後(経過日数137日目)から追加注入126日後(経過日数250日目)まで連続して地下水基準を満たした。これより、本試験における浄化維持期間は113日間となり、汚染地下水の流出防止は、年間約3回の栄養材注入により達成が可能となると判断された。

一方、浄化維持期間は、追加注入より初回注入で短い。初回の栄養材注入では、地盤中の還元雰囲気形成や、微生物の馴養に栄養材が消費され、VOC分解に寄与できる栄養材量が減少したことが影響したものと推察される。

(3) 栄養材追加注入時期

追加注入において、VOC濃度が地下水基準を達成するために必要な期間は、図-5に示すように注入8日+浄化期間13日の計21日であった。すなわち、当該サイトでは、地下水基準の超過が予想される21日前までに栄養材の追加注入を開始することにより、継続した浄化維持が可能となると判断された。

5. まとめ

本手法により、地下水の継続した浄化が達成され、敷地境界からの汚染地下水の流出防止対策が図れた。他サイトにおいても、本手法の適用によりVOC汚染地下水の流出防止対策が可能となると考えている。

参考文献 1) 竹崎聡, 西田憲司, 峠和男(2010): 生物分解処理を用いたVOC汚染地下水の流出防止技術, 第16回土壌・汚染地下水汚染に関する研究集会(投稿中)