

VOC 地下水汚染源への超徐放性栄養材の適用事例

(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 緒方 浩基 (株)大林組 正会員 日笠山 徹巳

1. はじめに

VOC 地下水汚染の汚染源に対して、地下水汚染が生じない状況とするための対策を行った。対策は狭隘箇所、さらに規模も小さいため、大型機械等を用いる手法は施工性・コスト面から採用が困難であった。また、微生物分解による対策を想定した場合、汚染源がシルト分を多く含む砂層にも存在したため、栄養材の井戸注入では当該層への資材の浸透が期待できない。さらに、徐々に放出される VOC 成分に対しては、即効性はあるものの短期間で浄化効果が低下する易分解性栄養材の適用は困難と考えられた。そこで、本対策においては、VOC 浄化効果が長期間発揮できる超徐放性栄養材を用い、さらに栄養材を地盤に直接打設することにより、シルト分を含む砂層にも栄養材を到達させた。本報では、現場の汚染状況、微生物栄養材の選定上の課題と対策、そして対策の評価結果について報告する。

2. 汚染状況

対策箇所の平面図を図-1 に、地層構成および土壌溶出量の調査結果を図-2 に示す。対策範囲は 80m² であり、周囲を建物および通路に囲まれている。地層は GL±0～-4m、GL-12m 以深が難透水層、GL-4m～-12m が砂層であるが GL-11m 以深では徐々にシルトの含有が多くなる傾向にあった。調査深度は、地下水汚染を発生させる可能性のある範囲として、表層から帯水層下端である GL-12m までとした。調査対象物質は、トリクロロエチレンとその分解生成物である 1,1-ジクロロエチレンおよびシス-1,2-ジクロロエチレンである。調査の結果、基準に適合しなかった深度、物質および濃度は、土壌溶出量では GL-12m でトリクロロエチレンが 1.2mg/L (基準値の 40 倍)、シス-1,2-ジクロロエチレンが 0.12mg/L (基準の 3 倍)、地下水中の濃度はトリクロロエチレン 0.066mg/L (基準の 2.2 倍) であった。さらに、それ以外にも、基準不適合でないが、土壌溶出量値が確認されている土壌が存在した。この調査結果より、対象箇所の地下水汚染は、砂層底面部の土壌汚染ならびに、土壌溶出量値をもつ土壌が要因(汚染源)となっている可能性が示唆された。

3. 栄養材の選定上の課題と対策

課題：これまで筆者らが用いてきた微生物栄養材の地盤への供給方法は、表-1 に示したように、井戸を用いた注入方法であるため、帯水層底面部の VOC 汚染源への栄養材到達は困難と考えられた。また、汚染源からは継続的に VOC が放出されている。一方で、既往栄養材の寿命は短いもので数カ月程度であったため、当地の汚染のように長期にわたり放出される VOC 汚染物質に対しては、複数回の栄養材注入が必要となることが想定され、作業手間の増加、対策箇所の上部利用に制限を受ける問題があった。

対策：汚染源への栄養材到達を目的とし、資材を地盤に直接打設、

キーワード 汚染地下水、汚染源、VOC、浄化、生物分解

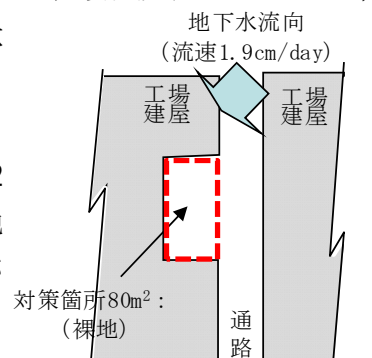


図-1 対策箇所（平面図）

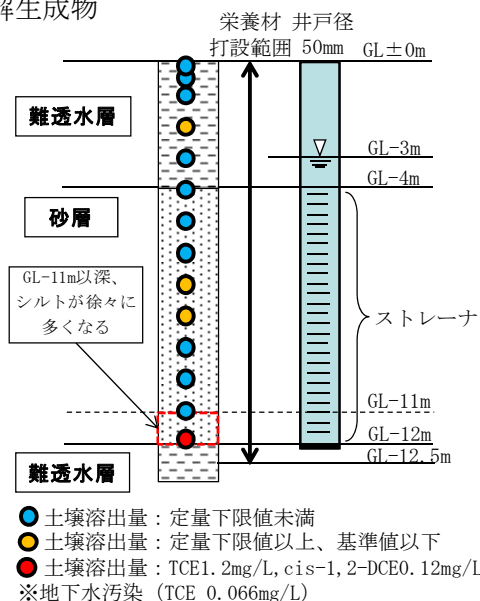


図-2 地層構成・汚染状況

表-1 栄養材の特徴

栄養材の種類	注入方法	注入時の栄養材の広がり	栄養材の寿命
超徐放性栄養材	打設	広がりほとんどなし (栄養成分は徐々に放出)	1年以上 (推定)
既往材 ^{a)}	井戸注入	半径4m程度 (土粒子への吸着性なし)	約2カ月
既往材 ^{b)}	井戸注入	半径1m程度 (土粒子への吸着性あり)	約1年

汚染源の存在箇所に残置させ、汚染源に対して継続的に栄養成分を供給する対策を施した。一方で、井戸注入と異なり、打設時に栄養材の広がりほとんど得られないため、打設箇所は複数必要となり、本対策においても施工面積 80m^2 に 60 箇所、格子状に配置している。さらに、超徐放性（難分解性）の資材を用いることにより、栄養材の寿命を延長させ、長期間放出される VOC に対応させる対策を実施した。一方で、その難分解性の栄養材が VOC 分解の遅延を引き起こす懸念があったため、対策工事にて VOC 分解状況を確認した。



写真-1 栄養材打設状況

4. 施工内容と評価方法

栄養材の打設状況を写真-1 に示す。作業は、地盤に挿入した管に栄養材を充填後、管を引き抜き、地盤中に円柱状の栄養材を残置させる。栄養材は、多少の粘性はあるものの、比重が 1.2 であり水に浮くこともないため、地上部から投入しても密実な充填が可能となる。また、基準値には適合しているが土壌溶出量が確認されている箇所、さらに帯水層底面の土壌汚染存在深度に確実に栄養材を充填するため、図-2 に併記したように、栄養材の打設深度は表層から GL-12.5m までとした。観測井は、栄養材設置箇所の対角線上の中央部（栄養材設置箇所より約 0.5m）に設け、その構造は図-2 に併記したとおり、ストレーナ設置深度を GL-4~12m としている。汚染源の浄化状況は土壌溶出量にて把握することを基本とするが、効果が確認されるには長期間の養生期間を経なければならない。そのため、まず VOC の分解状況の確認として、汚染地下水の発生防止が達成されるかを調査した。汚染地下水の有無は、井戸より採取した地下水中の VOC 濃度により評価した。地下水は、土壌汚染対策法ガイドラインに準じ、ストレーナ設置深度中央部 GL-8m において採水し、公定法にて分析した。

5. 評価結果

(1) VOC 濃度の変化：観測井における地下水中の VOC 濃度の変化を図-3 に示す。栄養材打設前、トリクロロエチレン濃度のみ地下水基準値 0.03mg/L を超過する状況であった。栄養材打設後、トリクロロエチレン濃度は低下、地下水基準を満たす状況となり、一方、その分解生成物であるシス-1,2-ジクロロエチレンは地下水基準 0.04mg/L を超過する濃度まで上昇していた。シス

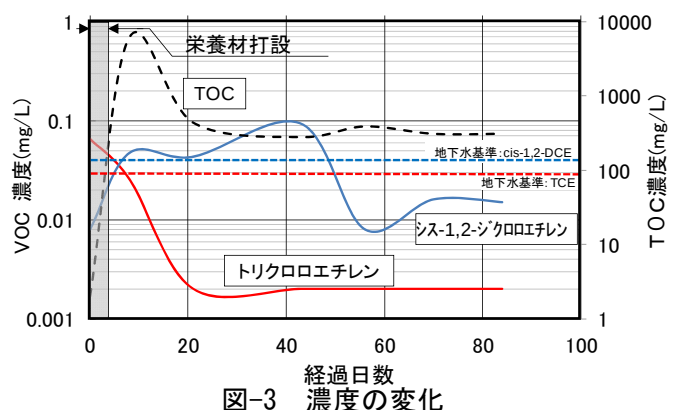


図-3 濃度の変化

-1,2-ジクロロエチレン濃度は、経過日数 40 日以降に低下傾向を示し、経過日数 50 日以降、地下水基準を満たす状況を継続している。シス-1,2-ジクロロエチレン濃度が 0.01mg/L 未満の値を継続的に満たさない理由は、VOC は分解されているものの、汚染源からの継続的な VOC 供給が原因であると推定している。

(2) 有機物（TOC）濃度の変化：観測井における地下水中の TOC 濃度変化を図-3 に示した。本対策で用いた栄養材は、打設後、TOC 濃度は 6200mg/L まで上昇し、その後、徐々に低下し、経過日数 20 日で 440mg/L を示した後、 $300\sim 400\text{mg/L}$ の濃度を推移している。対象地における VOC 分解に必要な TOC 濃度は概ね 20mg/L 以上であること²⁾を考慮しても、打設型栄養材は、VOC 分解に不足のない栄養成分を継続的に供給できている。以上の結果より、本対策により地下水中の VOC 濃度は地下水基準に適合する状況となり、使用した超徐放性栄養材は、早期の VOC 分解の阻害要因とはならないことが確認された。

6. おわりに

本対策に適用した超徐放性栄養材は、シルトを多く含む砂層の汚染源に起因する地下水汚染について、遅延の阻害もなく、短期間で浄化効果を確認できた。一方で、恒久的な対策となり得るかについては、継続的にモニタリングを実施し、評価を行う予定である。

【参考文献】1) 竹崎聡, 他: 第 17 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集, S4-10, 2011.

2) 竹崎聡, 他: 土木学会年次学術講演会講演概要集, 65 巻, VII-198, 2010.