

原位置浄化における地下水モニタリング中の地下水基準不適合に対する対応事例

株式会社大林組 正会員 ○福武 健一
 株式会社大林組 正会員 緒方 浩基
 株式会社大林組 フェロー 西田 憲司
 株式会社大林組 正会員 日笠山徹巳

1. はじめに

土壤汚染対策法では、原位置浄化は掘削除去とともに土壤汚染の除去のための措置の一つに位置付けられている。また、浄化効果（措置）の効果の確認として汚染物質を除去した後、1年に4回以上定期的に地下水を採取し、当該地下水に含まれる対象となる特定有害物質の量を測定して、地下水汚染が生じていない状況が2年間継続することが求められている。このたび、揮発性有機化合物（以下、VOCs）汚染土壌を対象に実施した栄養剤の注入による原位置浄化において、栄養剤注入後の浄化確認のモニタリング期間中に地下水基準不適合が認められた事例があった。本報告は、この原因を追究し対応策を講じた結果、一定期間地下水基準適合を確認したことから浄化確認が完了したと考え、その後実施した措置確認のモニタリングにて地下水基準適合状態を維持し、土壤汚染の除去を確認できた事例を報告するものである。

2. 地盤条件及び対象物質

地層構成を図-1に示す。対象地の土質は、表層から約GL-6mまでは火山灰質土層でありGL-4～-5m付近に軽石層が介在している。帯水層は、GL-6m～-26mの砂礫層である。帯水層の現場透水試験の結果は、 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ であった。

また、GL-26m以深は岩盤であった。汚染物質としては、テトラクロロエチレン（PCE）、トリクロロエチレン（TCE）、シス-1,2-ジクロロエチレンであった（c-DCE）。

3. 浄化確認のモニタリング状況

原位置浄化を適用した対象地は、面積約10,000m²の土地であり、浄化効果を確認するための観測井を概ね900m²/地点の密度にて設置した。栄養剤は、自走式ボーリングマシンによる削孔跡（裸孔）にそのまま充填する施工方法を用いた。その後、継続的に地下水モニタリングを行った結果、すべての観測井で地下水基準適合を確認できたことから、浄化確認のモニタリングを4月から開始した。しかし、浄化確認のモニタリング開始後すぐの6月にVOCsによる地下水基準不適合が認められた。浄化確認のモニタリング結果と地下水位の関係を示した図を図-2に示す。

4. 原因と推察

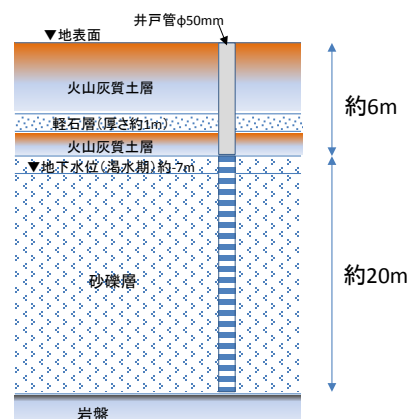


図-1 地層構成図

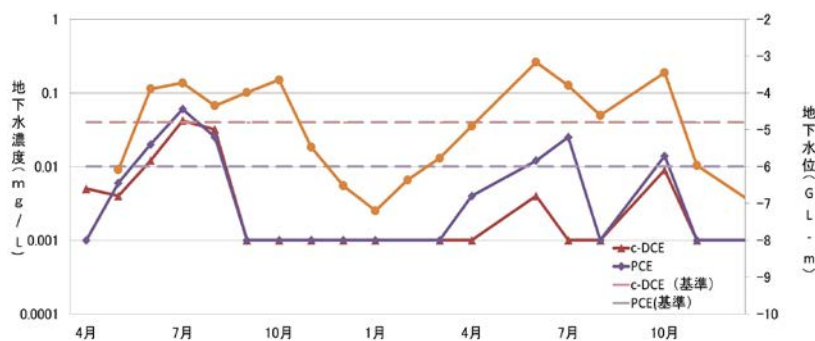


図-2 浄化確認のモニタリング結果(濃度, 地下水位)

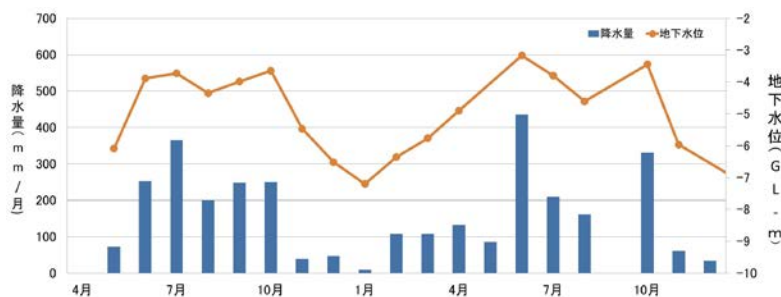


図-3 対象地付近の降雨量と地下水位の経時変化

キーワード VOCs, 原位置浄化, 生物処理, 徐放性栄養剤, 地下水モニタリング, 不飽和層
 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) 大林組エンジニアリング本部環境技術第一部 TEL03-5769-1054, FAX03-5769-1983

VOCs 原液が地盤中に浸透した場合、特に不飽和層では横方向には拡がらず降下浸透することが知られている。そして、土壌地下水中に存在する高濃度部分（VOCs 原液）から徐々に汚染物質が溶解し、地下水流れに運搬されて汚染が拡大すると考えられている。

当初は、VOCs による汚染の特徴から帯水層に残留する VOCs からの再溶出が原因と考え、濃度上昇（基準不適合）が確認された観測井の上流側の帯水層に栄養剤の注入を行った。その結果、図-2 のとおり 9 月に一旦は濃度低下（基準適合）が認められたが、一定の期間が経過した翌年 6 月に再度濃度上昇（基準不適合）が生じた現象が認められた。図-3 に対象地付近の降雨量と地下水位の経時変化を示す。図-2 と図-3 から降雨により地下水位が上昇している時期と VOCs の濃度が上昇している時期が連動していることが推測された。

5. 地下水基準不適合が認められたことへの対応策

5.1 考察

地下水位と地層構成を比較すると、地下水位上昇期には、約 GL-3m 付近まで地下水位が上昇することから約 GL-4m~5m 付近にある軽石層が地下水位以下になることが分かった。次に軽石層が存在する深度の調査結果を参照したが、環告 18 号による分析では基準適合が示されていたが、改めて軽石層から試料を採取し長期溶出試験を行った結果、VOCs の溶出量上昇が認められた。この結果から、地下水位上昇期に VOCs 濃度が上昇する現象が生じた原因として、軽石層に残留する VOCs からの供給が原因と推察した。

5.2 対応策

原因となる軽石層を掘削することも考慮したが、費用対効果から帯水層同様に原位置浄化による対応策を検討した。地下水位上昇期（豊水期）に VOCs 濃度が上昇することから地下水位下降期（渇水期）に対象となる軽石層に栄養剤の注入を行った。対象となる軽石層は、豊水期にのみ地下水位以下にならない。よって、本対応策に用いる栄養剤は、土壌に非常に吸着しやすく早期に分解されにくい長期間効果が持続可能な成分が求められる。そこで、グリセリンを基剤として植物油由来物質を主成分とする徐放性栄養剤を用いた^{1) 2)}。

5.3 措置確認のモニタリング

前節の対策を講じた後の措置確認のモニタリング結果を図-4 に示す。対応策として渇水期に不飽和層に位置する軽石層に対して徐放性栄養剤を注入した後、概ね 2 年間の経過したが、モニタリング期間中は、地下水位上昇期においても VOCs の濃度上昇現象は生じていないことが確認できた。

6. まとめ

以下に本事例における考察を記す。

- ・水より比重が小さい油類やベンゼンは、地下水水面上に滞留する現象が認められている。よって、降雨量の季節的な変動により地下水面が上昇や下降を繰り返した場合、地下水面の動きと共に油類やベンゼンも上下に移動することが知られているが VOCs には当てはまらなないと考えられていた。しかし、本稿に示すように地層構成によっては、地下水面の上昇、下降の影響条件も対策の検討に考慮すべきことが分かった。
- ・宮崎ら¹⁾の報告によると帯水層中に徐放性栄養剤を注入することによる徐放性栄養剤の効果の持続性及び VOCs の長期地下水基準適合の事例が報告されている。本事例では、地下水位の変動により汚染供給源となる不飽和層に徐放性栄養剤を注入する対応策をとることにより、土壌汚染の除去が確実に実施できることが分かった。

参考文献

- 1) 宮崎隆洋，西田憲司，日笠山徹巳，緒方浩樹：地下水流速の大きい地盤における徐放性栄養剤の効果確認，土木学会第 70 回年次学術講演会，2015。
- 2) 佐藤祐輔，西田憲司，緒方浩樹，日笠山徹巳：VOCs 嫌気バイオ処理における微生物栄養剤種の相違による分解特性への影響，第 21 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，2015

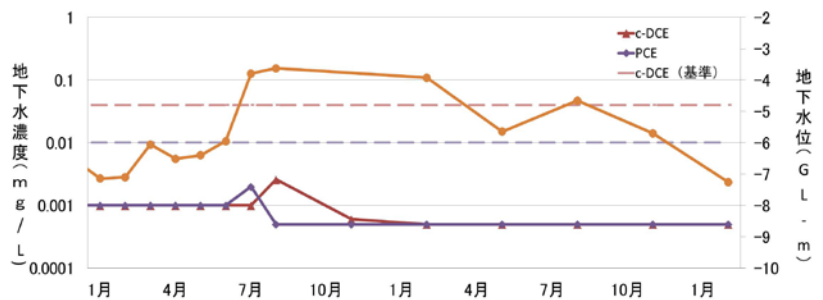


図-4 対策後の地下水モニタリング濃度変化と地下水位