

地下水流速の大きい地盤汚染現場における原位置バイオ工法の開発

(株)大林組 正会員 ○本田 ゆう子 緒方 浩基 フェロー 西田 憲司
正会員 佐藤 祐輔 日笠山 徹巳

1. はじめに

汚染地盤の原位置バイオスティミュレーションにおいては、多くの栄養剤が開発され、適用現場の施工条件に合わせて各種使い分けられている。それらのうち、汚染帯水層へ注入される栄養剤は、いずれも地下水流速が大きい場合等、浄化対象範囲から流出する懸念があった。土粒子への吸着力が高いとされる乳化植物油を主成分とする栄養剤でさえ、たとえ粒径の大きい剤であっても例外ではない。しかし、同栄養剤は難水溶性であり、汚染濃度が高く汚染分解に時間を要する場合などの対策ニーズは高い^{1),2),3),4)}。

そこで筆者らはこれまでに、帯水層へ注入した乳化植物油を主成分とする栄養剤を酸性側に pH 調整することで凝集し、その流動性を減少させる解決法を検討してきた。その過程における室内カラム試験では、カラム内の土質試料に、栄養剤、pH 調整剤を交互に注入すれば、栄養剤が間隙内で凝集する事実を確認した。一方で、酸性化させることで微生物の働きは低下するため、速やかに中性化することが望ましいと考えられる。こうした事象を実現場で再現するため、ここでは、地盤中へ pH 調整剤のみを注入し、浸透状況および地盤内の pH 変化等を観測する。その結果を踏まえ、今後の実証試験における薬剤注入方法を検討する。

2. 試験方法

2.1 適用地盤

現場地盤の代表土質柱状図を図-1 に示す。pH 調整剤を注入する帯水層は、自然水位 GL-3.6m を有する表層の埋土から GL-8m 付近の砂層までである。特に、GL-7~-8m の砂礫層は粒径 $\phi 5\text{mm} \sim 20\text{mm}$ の礫が主体で、揚水試験結果に基づく透水係数 $5.4 \times 10^{-3} \text{m/s}$ は非常に大きい。単多孔流向流速調査結果によると、流向はほぼ北向きで流速は $0.2 \sim 0.6 \text{m/d}$ であった。

2.2 注入・観測条件

図-2 に井戸配置図を示す。井戸は東西方向へほぼ一直線上に並ぶよう配置をした。

乳化植物油主体の栄養剤を凝集させるのに必要な pH 調整剤は、別途実施した室内試験により、グルコン酸液であれば濃度 0.3% が最適と判断された。このグルコン酸溶液は、帯水層中において平均で半径 1.0m、深度 4.0m 相当量を自然流下方式で注入した。ただし注入量算出にあたっては、有効間隙率を 0.2 と想定している。注入状況は写真-1 に示すとおりである。

pH 調整剤注入中は、観測井戸から地下水を採取して pH、ORP、Eh および水温を測定し、pH 調整剤の拡散状況を確認した。Eh は注入直後に一時上昇したが、14 日後にはすべての

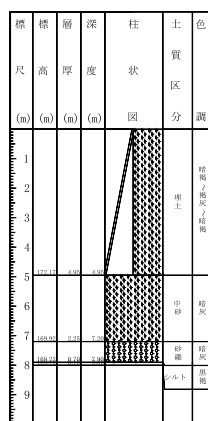


図-1 土質柱状図



写真-1 現場試験状況

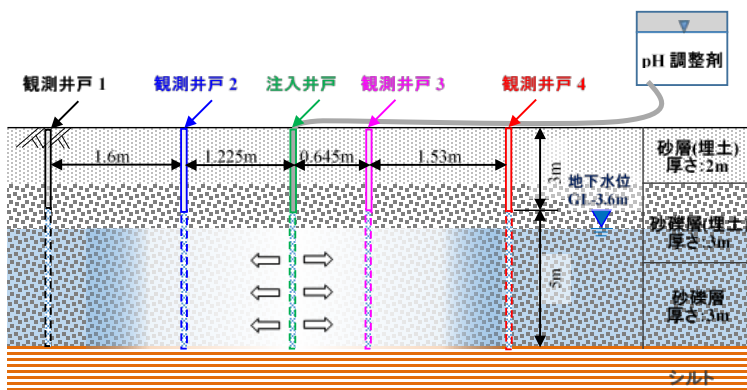


図-2 井戸配置断面図

キーワード バイオスティミュレーション, 原位置, 栄養剤, 現場試験, 流速, 砂礫

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 TEL 03-5769-1054

地点で当初の値に戻っている。水温は当初 22℃程度であったが、注入直後は上下に 2～4℃変動し、その後は一律に下降している。モニタリングは、注入終了から 28 日以降も継続している。

3. 試験結果と考察

pH 調整剤注入直前から終了後 28 日までの pH と ORP の経時変化を図-3～4 に示す。注入井戸だけでなく、全ての観測井戸の値変化が確認された。観測井戸は、地下水流向と直角方向に平面配置しているが、その方向へは調整剤が半径 1m 以上浸透していると考えられる。

注入井戸においては、当初 pH=9.18 でややアルカリ側であったが、調整剤の注入中には pH=3.23 まで低下したことを確認した。しかし注入後の翌日には pH=7.54 まで戻った。これは土壌の pH 緩衝能力および上流側からのアルカリ性の地下水の流入によると考えられる。こうした傾向は、全観測井でも確認された。このため、微生物の働きが低下するまでの影響は少ないと考えられる。

一方、ORP は注入後一旦上昇したのちに還元雰囲気になるまで低減し、20 日～30 日間程度は維持できた。これは、調整剤として採用したグルコン酸が微生物栄養剤の役割を果たし、土壌に吸着したものが多少なりとも残存し、徐々に微生物を活性化させて還元雰囲気にしたものと推察される。

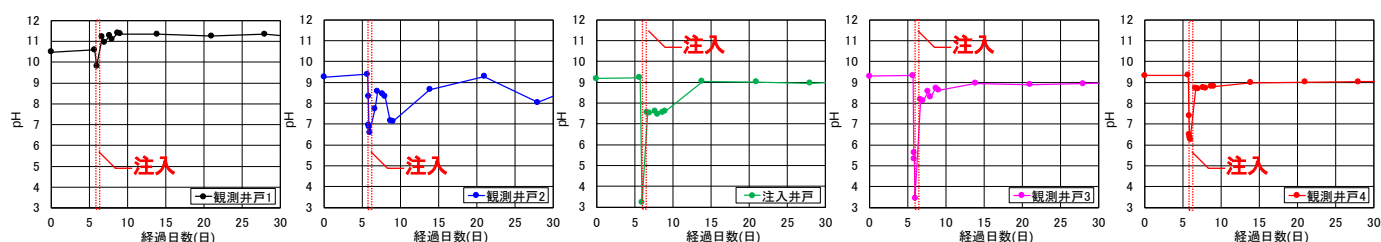


図-3 pH 調整剤注入前後の pH の経時変化図

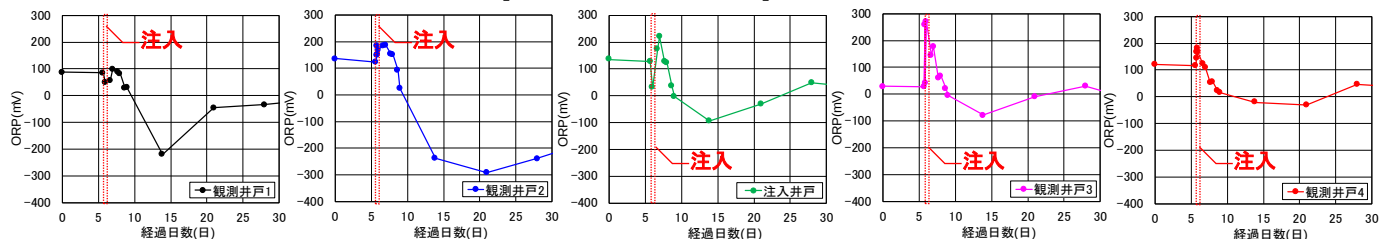


図-4 pH 調整剤注入前後の ORP の経時変化

4. 今後の対応

今回の試験結果を踏まえ、同現場では pH 調整剤と微生物栄養剤（乳化植物油）の両方を注入する試験を計画する。ただし、陸上や井戸内での栄養剤凝集を回避するため、それぞれの注入井戸は分け、地盤内で両剤が混合するように配慮する。すなわち、今回の試験で pH 調整剤を注入した井戸から栄養剤を注入し、その翌日、pH、ORP の変動が大きかった観測井戸 2、3 から pH 調整剤を浸透させることとする。

5. おわりに

地下水流速の大きな現場では、原位置バイオスティミュレーションでの栄養剤が敷地外へ流出する課題があった。しかし、栄養剤の種類によっては酸性へ pH 調整することで課題解消が見込まれる。今後、実証試験結果を行い確認したい。

参考文献

- 1) 緒方浩基, 他: VOCs 汚染地盤バイオ浄化用高性能・高機能栄養材の開発, 大林組技術研究所報, No.75, 2011.
- 2) 佐藤祐輔, 他: VOCs 実汚染現場での原位置微生物処理における pH の影響, 土木学会, VII-097, 2015.
- 3) 佐藤祐輔, 他: 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, S4-14, 2015.
- 4) 佐藤祐輔, 他: VOCs 実汚染現場での原位置微生物処理における pH の影響 (その 2), 第 22 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, S6-16, 2016.