

原位置浄化における栄養剤・溶存酸素の拡散解析事例

(株)竹中工務店 技術研究所 正会員 向井 一洋
 (株)竹中工務店 技術研究所 正会員 奥田 信康
 (株)竹中土木 技術・生産本部 泉澤 洋一

1. はじめに

原位置における好気性バイオレメディエーションにおいては、栄養剤及び溶存酸素の到達範囲を短時間で精度良く把握し、施工に反映させることが確実な浄化達成のために必要である。地盤中における栄養剤・溶存酸素の広がりの把握には数値解析を利用する。解析に3次元モデルを用いた場合、実現象に近い状態が再現可能であるが、モデル化の労力が大きく、計算時間も長くなる。そこで本報ではガソリンスタンド跡地の油汚染サイトにおいて実施した栄養剤及び溶存酸素の注入実験結果を、平面2次元の簡易解析モデルを用いて再現し、実験値と解析値を比較することで、簡易モデルの精度を検討した。

2. 実験概要

試験サイトにおける井戸配置を図1、図2に示す。W-1より栄養剤および酸素溶解水を注入し、W-2、W-3において濃度の変化を観測した。W-4、W-5は汚染拡散防止の為にサイト内に設けられた揚水井戸であり、昼間9時間稼働、夜間15時間停止で運転している。地下水の自然流向は全面一様に真北方向から反時計回りに107°の方角へ、動水勾配1/100で流れている。

栄養剤の広がりを確認する試験では0日目に3.2 m³の栄養剤をW-1井戸より投入し、その後14日間のW-1、W-2、W-3井戸における、全窒素濃度推移を確認した。溶存酸素の広がりを確認する試験においては、W-1井戸より30 mg/Lの酸素溶解水を流量15 L/minにて注入した。昼間9時間注入、夜間15時間停止で運転を行い、8日間の溶存酸素濃度推移を確認した。

3. 解析条件

本報では解析に平面2次元有限要素解析コードSUTRA(米国地質調査局:USGS)を用いた。解析モデルは、セル数が2500、メッシュサイズは1 m×1 mの等分割とし、解析領域全体は50 m×50 mとした。浸透流は定常解析とし、移流分散は非定常解析とした。

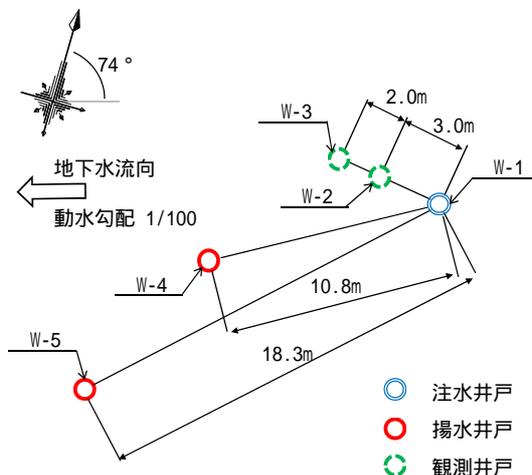


図1 井戸配置(平面図)

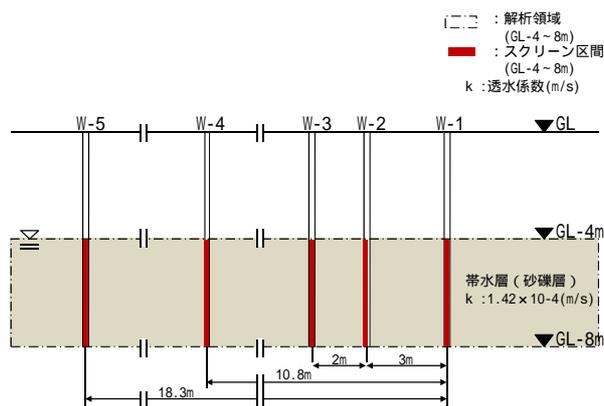


図2 井戸配置(断面図)

表1 地盤物性値と境界条件

物性値	透水係数	1.42 × 10 ⁻⁴ (m/s)
	間隙率	0.15
	縦分散長	0.80(m)
	横分散長	0.01(m)
	溶存酸素の分解速度	0.036(hr ⁻¹)
境界条件	井戸	流量固定
	注水	昼間9時間稼働 栄養剤供給時 6.0(L/min) 酸素供給時 15.0(L/min)
	揚水	昼間9時間稼働 W-4 11.7(L/min) W-5 18.3(L/min)
	外周節点	水位固定(勾配1/100)

キーワード 原位置バイオレメディエーション、浸透流・移流・分散解析、有限要素法

連絡先 〒270-1395 千葉県印西市大塚1-5-1 (株)竹中工務店技術研究所Eコネクティブ部門 TEL0476-77-1271

解析モデルに与えた地盤物性値と境界条件を表 1 に示す。透水係数は W-1 において定常法の単孔式透水試験を実施して得た値を用いた。間隙率、縦・横分散長、溶存酸素の分解速度定数は実験結果に対し解析結果のフィッティングを行い決定した。井戸は流量を一定に保つ設定とし、栄養剤注入試験においては揚水、溶存酸素注入試験では注水揚水の稼働を表に示す時間で切り替え、繰り返し解析を行った。

4. 結果と考察

室内試験にておいて栄養剤濃度と全窒素濃度の相関を確認した結果を図 3 に示す。現地にて採取した地下水に対して、栄養剤を所定の濃度で添加し、全窒素濃度を計測した。結果、栄養剤濃度と全窒素濃度との間には正の相関が確認出来、全窒素濃度は栄養剤濃度の指標として適すると考えられた。

図 4 に W-1、W-2 井戸において観測された栄養剤濃度の実験値と解析値の比較を示す。間隙率、縦・横分散長を実地盤で想定される範囲内で調整することで、数値解析によって実験値の濃度推移を精度よく再現出来ることを確認した。また、浸透流を定常解析とすることで 1 回あたりの計算時間は 1 分以内に抑えることが可能であった。

図 5 に溶存酸素濃度の推移を示す。間隙率、縦・横分散長は栄養剤の解析で決定した値を用いた。地盤中における溶存酸素の消費を考慮し、1 次分解速度定数をパラメーターとして解析値と実験値のフィッティングを行ったところ、濃度変化の傾向を把握するには十分な精度を有することが確認できた。

5. 結論

原位置好気性バイオレメディエーションに用いる栄養剤濃度の推移を、平面 2 次元簡易モデルを用いた数値解析により再現した。検討の結果、間隙率、縦・横分散長を実地盤で想定される範囲内で調整することで、解析値と実験値が良く一致した。

溶存酸素濃度の推移は、栄養剤の注入実験結果より得た間隙率、縦・横分散長を用い、分解速度定数を考慮することで解析値と実験値が良く一致した。

平面 2 次元簡易モデルにより、栄養剤及び溶存酸素の地盤中での広がりを短時間で精度良く再現出来ることを確認した。数値解析にかかる手間を省略し、日常管理に活用することで、原位置バイオレメディエーションの施工精度向上に繋がると考えられる。

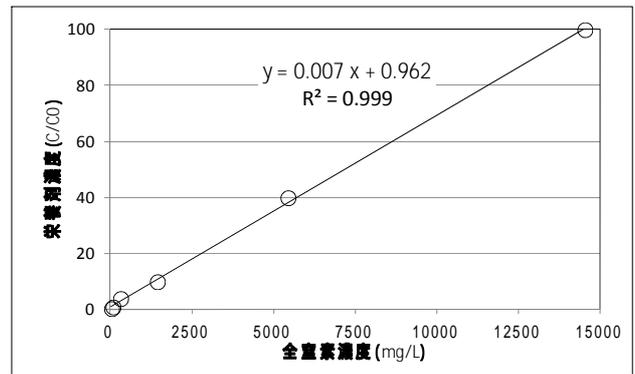


図 3 栄養剤濃度と全窒素濃度の関係

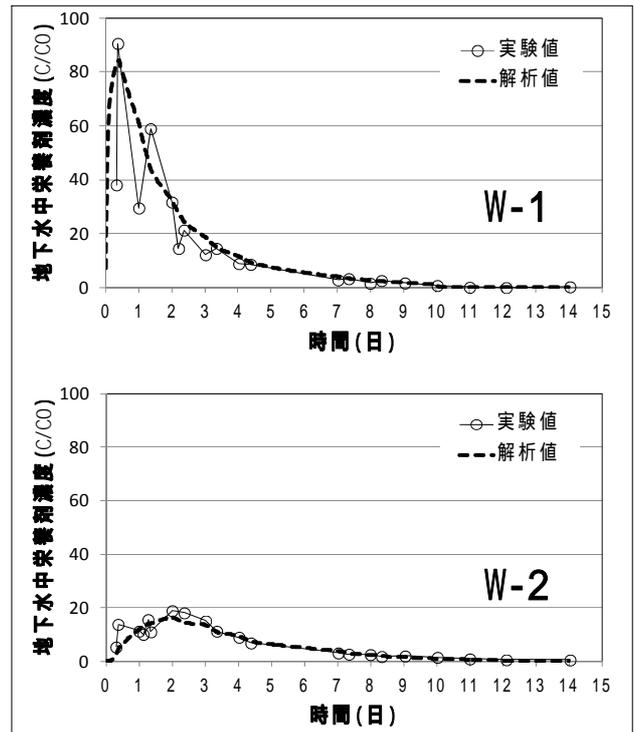


図 4 W-1、W-2 井戸における栄養剤濃度の推移

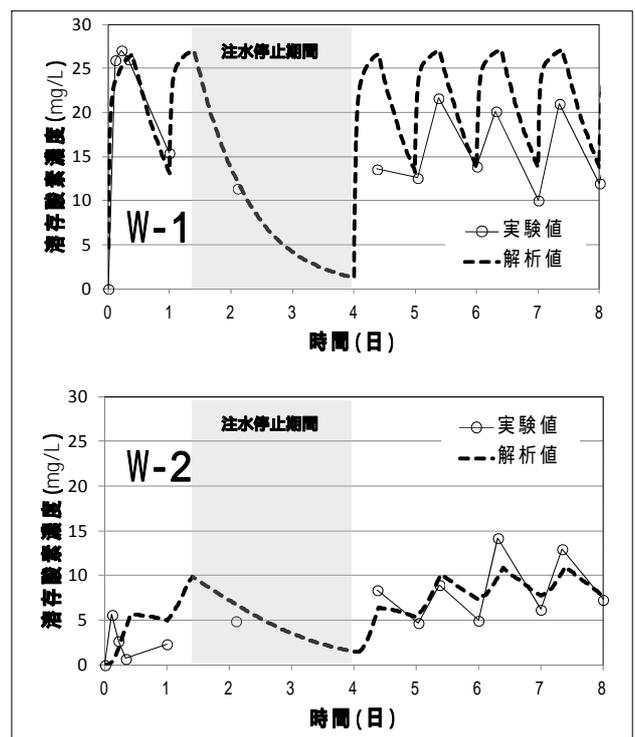


図 5 W-1、W-2 井戸における溶存酸素濃度の推移