

地下水循環式嫌気性バイオレメディエーションの現場実証実験

鹿島建設(株) 正会員 ○伊藤圭二郎 篠原智志 河合達司

1. はじめに

平成 29 年度の環境省の実施した地下水質測定結果のうち、継続監視調査結果における物質別の環境基準値超過件数はテトラクロロエチレン (PCE) が 3 番目、トリクロロエチレン (TCE) が 4 番目であり、PCE や TCE に代表される揮発性有機化合物 (VOC) の件数が依然として多い状況にある¹⁾。また、VOC の浄化対策は、化学反応によって無害な物質に分解できることから、原位置浄化の件数が多い²⁾。筆者らは、原位置浄化の中でも嫌気性バイオレメディエーションが、コストや土地売買等を考慮した場合に現実的な期間内で浄化できる方法と考え、その施工方法の改良として地下水循環式嫌気性バイオレメディエーションという新しい方法の適用を検討している³⁾⁴⁾。本稿では、実汚染地下水に対して現場実証実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 地下水循環式嫌気バイオレメディエーション

地下水循環式嫌気バイオレメディエーションと従来の注入による施工イメージをそれぞれ図-1、図-2に示す。

地下水循環式では、帯水層の中央をベントナイト等で遮水した特殊構造の井戸を構築し、ポンプで井戸の上部の地下水を下部に、またはその逆方向に地下水を送ることを可能にしている。こうした井戸を複数設置し、隣接する井戸では逆方向に送水することで、隣接井戸間で地下水を循環させる方法である。この方法は、地下水を循環させることで地盤内での薬剤均質性が高まることや、井戸ピッチを広げられるメリットがある。また、従来は地上で薬剤を希釈して注入するため、100 m³ クラスの大型のタンクが必要であったが、循環している地下水に 1% 程度となるように薬剤を添加すれば、地上の薬剤タンクの小型化にもつながる。井戸ピッチが広がり、薬剤タンクが小型化すれば地上占有面積が大幅に減少するため、用地に制限がある稼働中の工場などの浄化対策に有効な方法であると考えている。

3. 現場実証実験

3.1 実験方法と条件

実験断面図を図-3に示す。GL-6 m～11 m が被圧帯水層で、自然水位は概ね GL-4 m であり、透水係数は 3.0×10^{-5} m/s 程度である。循環井戸は本来は複数本設置するが、本実験では 1 本でその性能を確認することとし、観測井戸を 4 本設置して評価した。循環井戸は GL-7.5～8.5 m を遮水構造とし、井戸上部の地下水を下部に送水することで、上部は井戸周囲の地盤から吸水し、下側は井戸周囲の地盤に吐出することとした。循環井戸の周囲に 0.8 m³ のタンクを置き、そこに TOC 濃度が約 25,000 mg/L の嫌気バイオ剤水溶液を貯留し、循環水に対して 1% 程度添加して循環水中での TOC 濃度が 250 mg/L となるように設定した。観測井戸は循環井戸から

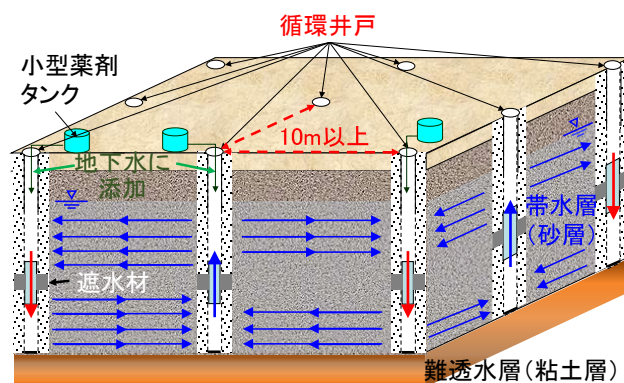


図-1 地下水循環式での施工イメージ

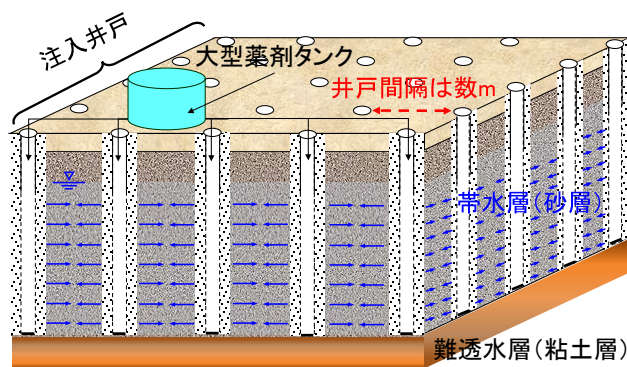


図-2 従来の注入による施工イメージ

キーワード：VOC、地下水循環、嫌気、バイオ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 地球環境・バイオ Gr. TEL 042-489-6580

2m、7m、14m の位置に下部のみにストレーナーの井戸を設置し、7m には上部のみにストレーナーの井戸も設置した。井戸の設置目的は、下部ストレーナー井戸で嫌気バイオ剤の到達や浄化効果を評価し、上部ストレーナー井戸では下部と異なる水位となっていることの確認である。

3.2 運転実績

累計 138 日間、目詰まり等の異常なく 4 m³/day 程度で昼夜連続運転した。循環井戸で薬剤添加後の循環水の TOC 濃度は 130 ～ 430mg/L 程度であったが、平均的には 230mg/L であり、ほぼ計画通りの TOC 濃度で地盤中に浸透させることができた。

運転前後での地下水位の変化を評価した結果を表-1 に示す。下部にストレーナーを設置した観測井戸では運転時に水位が上昇し、上昇量は循環井戸から近いほど大きくなっている。一方で、上部にストレーナーを設置した観測井戸 B 上では、逆に水位が低下している。この結果から、帯水層の上部と下部で異なる水圧分布となっており、逆方向の流れ、つまり地下水が循環していることが示唆されている。

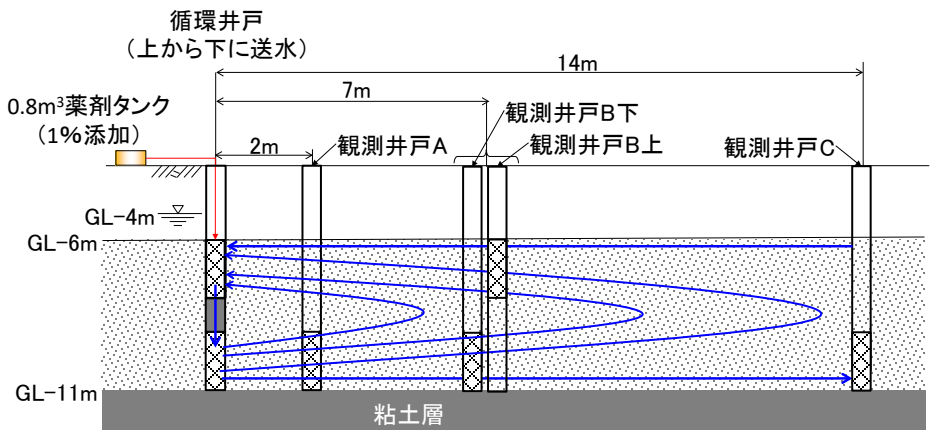


図-3 実験断面

表-1 観測井戸での水位変化

	ストレーナー位置	水位変化 [cm]
観測井戸A	下部	8
観測井戸B下	下部	5
観測井戸B上	上部	-16
観測井戸C	下部	3

3.3 薬剤の到達と浄化結果

観測井戸での TOC および VOC 分析結果を表-2 に示す。TOC 濃度については、自然地下水であっても最大 10mg/L 程度が観測されていたことから、10mg/L 以上は薬剤の到達と判断し、観測井戸 C までの薬剤到達を確認した。また、VOC については全ての観測井戸で環境基準値以下（表中の青字）になり、本地盤条件では循環井戸から 14m 離れた地点まで、地下水循環式嫌気バイオスティミュレーションの有効性が確認できた。

表-2 観測井戸での TOC および VOC 分析結果

井戸名	分析項目	試験開始前	1か月後	2か月後	3か月後	4か月後	5か月後
A	TOC [mg/L]	<10	85	228	200	110	100
	PCE [mg/L]	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01
	TCE [mg/L]	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01
	DCE [mg/L]	0.095	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04
	VC [mg/L]	0.030	0.006	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002
B下	TOC [mg/L]	<10	130	60	60	20	10
	PCE [mg/L]	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01
	TCE [mg/L]	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01
	DCE [mg/L]	0.054	0.057	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04
	VC [mg/L]	0.010	0.029	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002
C	TOC [mg/L]	<10	<10	20	<10	<10	<10
	PCE [mg/L]	0.015	0.012	≤0.01	≤0.01	≤0.01	≤0.01
	TCE [mg/L]	0.077	0.077	0.030	≤0.01	≤0.01	≤0.01
	DCE [mg/L]	≤0.04	≤0.04	≤0.04	0.081	≤0.04	≤0.04
	VC [mg/L]	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002	≤0.002

4. まとめ

浄化期間やコストから実際のニーズに合致していると考えた嫌気性バイオレメディエーションについて、その薬剤供給を合理的にするため地下水を循環させる方法を考案し、現場実証した。その結果、薬剤の到達と VOC の浄化効果が進行し、本手法の有効性を確認した。

参考文献

1) 環境省 水・大気環境局：平成 29 年度地下水質測定結果，p.11，2018。
2) 環境省 水・大気環境局：平成 29 年度 土壤汚染対策法の施行状況及び土壤汚染調査・対策事例等に関する調査結果，p.46，2019。
3) 伊藤圭二郎ほか：地下水循環による浄化技術の実現性に関する解析検討，土木学会第 72 回年次学術講演会，，VII-168，pp.335-336，2017。
4) 篠原智志ほか：VOC 広域汚染に対する地下水循環嫌気バイオ法の現場試験による適用性評価，第 24 回 地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会，S3-01，pp.236-239，2018。