

バイオスパーキング工法によるベンゼン汚染土壌の原位置浄化

(株) 大林組 技術本部 正会員 ○西川 直仁
 東邦ガス (株) 生産計画部 正会員 桐山 久
 (株) 大林組 技術本部 正会員 藤井 治彦
 (株) 大林組 技術本部 正会員 石川 洋二

1. 目的

バイオスパーキング工法は地下水位以深の飽和帯水層に空気と栄養塩を注入することにより、揮発による汚染物質の抽出と土中微生物の活性化による汚染物質の分解の二つの浄化効果を期待する原位置処理工法である。本報では、石炭ガス製造工場跡地のベンゼン汚染土壌地下水に対してバイオスパーキング工法を適用した事例より、特にベンゼンの土壌溶出量の浄化特性について検討した結果を報告する。

2. 浄化工事の概要

バイオスパーキング工法を適用したサイトにおける浄化模式図を図-1に、浄化対象地盤の土質等条件を表-1に示す。浄化対象である第一帯水層および第二帯水層の土質はそれぞれシルト混じり砂および細砂・中砂であり、後者の方が透水性が高い。また、ベンゼン溶出量の最大値はそれぞれ 0.43 mg/L と 1.2 mg/L であった。

バイオスパーキング工法の仕様は事前に実施した原位置実証試験結果より決定した。スパージ井戸は 4.5m の方形配置で第一帯水層と第二帯水層に設置し、スパージ井戸の中間に鉛直吸引井戸を設置した(図-2)。空気注入量は井戸 1 本あたり 60L/min とし、浄化運転の期間は実証試験の結果に基づく一次反応式による予測から 12 ヶ月とした¹⁾。

3. 浄化運転によるベンゼン溶出量の低下

運転開始後約 6 ヶ月および運転開始後 12 ヶ月の 2 回、土壌ボーリングを 15 地点で実施し、第一帯水層、第二帯水層および中間シルト層の土壌溶出量を測定した。各層におけるベンゼン溶出量の経時変化を図-3に示す。

測定回数は初期を含めて 3 回だけであるが、ベンゼン溶出量はどの層においても一次反応式でほぼ近似できる低下傾向を示した。第一帯水層および第二帯水層では比較的浄化速度が大きく、12 ヶ月の浄化運転後には両

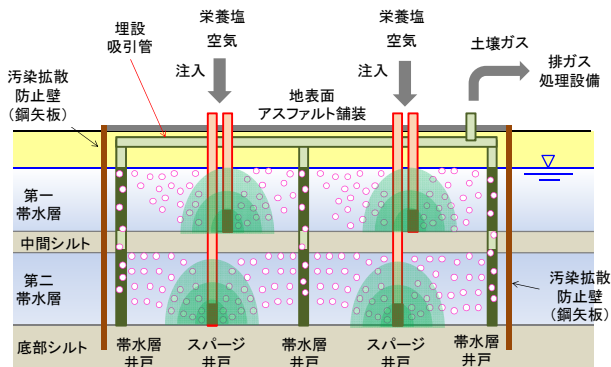


図-1 バイオスパーキング模式図

表-1 土質等条件

土層	層厚 (m)	土質	透水係数 (m/sec)	ベンゼン溶出量 最大値 (mg/L)
埋土	1.5	シルト混じり砂	—	—
第一帯水層	4.5	シルト混じり砂	5×10^{-6}	0.43
中間シルト層	2.0	砂混じりシルト	1×10^{-7}	1.1
第二帯水層	4.0	細砂	2×10^{-5}	1.2
底部シルト層	—	固結シルト	1×10^{-8}	—

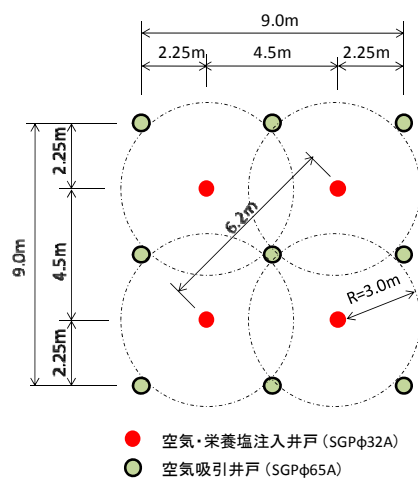


図-2 井戸平面配置図

キーワード 原位置処理、バイオスパーキング、ベンゼン、土壌、浄化

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 株式会社大林組技術本部エンジニアリング本部 TEL 03-5769-1057

層ともベンゼン溶出量が環境基準以下となった。またスパージ井戸のない中間シルト層でもベンゼン溶出量の低下が確認された。浄化速度の大きさは第二帯水層、第一帯水層、中間シルト層の順であり、透水性が高いほど浄化速度も大きくなる傾向がみられた。

4. 細粒分含有率とベンゼンの浄化特性

ベンゼン溶出量の低下傾向と対象土層の透水性の関係をより詳細に検討するため、12ヶ月後の土壌ボーリング時のコアから中間シルト層を中心に43の土壌試料を採取し、粒度分析を実施した。粒度分析より得られた細粒分含有率とベンゼン溶出量の残存比（12ヶ月後の溶出量と初期溶出量の比）の関係を図-4に示す。

図-4より細粒分含有率が高くなるとともに残存比が高く、また、残存比のばらつきが大きくなっていることがわかる。このことから、シルトのように細粒分含有率が高い土壌は浄化速度および浄化効果のばらつきの二つの面でバイオスパージング工法による浄化効果があらわれにくい土壌であるといえる。

5. 地下水の浄化進捗との比較

今回のサイトでは、土壌ボーリングと同じ15地点で地下水モニタリングを実施している²⁾。第二帯水層のベンゼン地下水濃度と土壌溶出量の両者の平均値の低下傾向を比較した結果を図-5に示す。両者は全体的にはほぼ同様の浄化速度をもつ一次反応の浄化傾向を示しているが、溶出量の浄化速度がほぼ一定であるのに対して、地下水では初期に浄化速度が大きく、その後緩やかに浄化が進んでいるようにみえる。別に実施した吸引ガス中のベンゼン濃度の測定では浄化運転初期にベンゼンの回収量が多いことが確認されていることから、地下水中のベンゼンの浄化は初期が揮発抽出の割合が多く、その後の期間ではバイオ分解が主体であった可能性がある。一方、土壌溶出量の低下については浄化運転初期の揮発抽出の寄与度は小さかった可能性がある。

6. まとめ

本報では、バイオスパージング工法によるベンゼン汚染土壌の浄化特性について、実工事のモニタリング結果を用いて検討した。今回の検討で得られた知見が、今後のバイオスパージング工法の計画や管理において有益な情報となれば幸いである。

参考文献

- 1) 西川直仁, 藤井治彦, 石川洋二, 桐山久, 安井利尚, 岡嶋正志 (2011): ベンゼン汚染土壌・地下水に対するバイオスパージングの適用事例, 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, pp.165-168
- 2) 西川直仁, 桐山久, 藤井治彦, 石川洋二 (2011): バイオスパージング工法によるベンゼン汚染地下水の原位置浄化, 土木学会第66回年次学術講演会講演概要集, pp.361-362

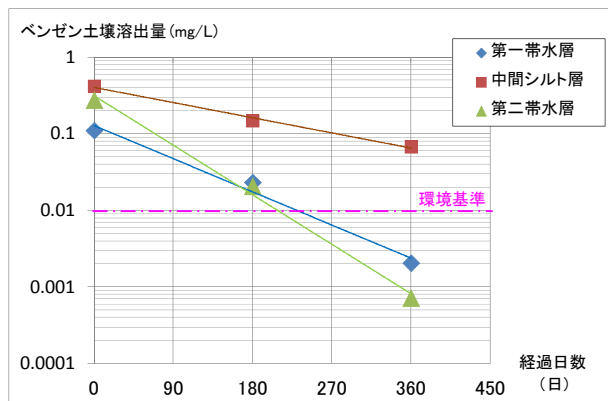


図-3 ベンゼン土壌溶出量の低下
(※溶出量は15地点のボーリングの平均値)

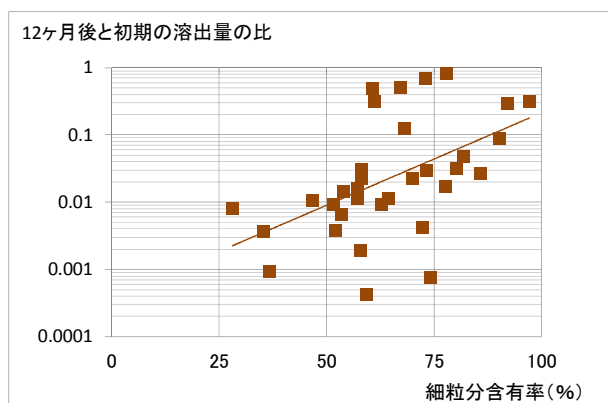


図-4 細粒分含有率とベンゼン残存比の関係
(※残存比=12ヶ月後の溶出量と初期溶出量の比)

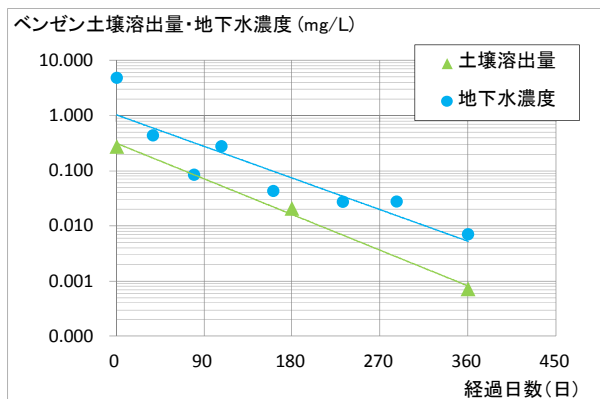


図-5 ベンゼン土壌溶出量と地下水濃度の低下傾向の比較 (第二帯水層)