

## 注水バイオスパーキング工法の風量・注水量に対するベンゼン浄化速度

大成建設(株) 技術センター 正会員 ○高畑 陽  
 大成建設(株) 環境本部 正会員 大石 雅也  
 大成建設(株) 環境本部 正会員 有山 元茂  
 東邦ガス(株) 生産計画部 正会員 桐山 久

### 1. 目的

注水バイオスパーキング工法は、スパーキング井戸から空気と窒素・リン等を含む栄養水を同時に供給する浄化技術である<sup>1)</sup>。筆者らは、ベンゼン汚染帯水層に対してスパーキング工法と注水バイオスパーキング工法を併用することにより、地下水中のベンゼン濃度を環境基準値以下まで低減できることを実証している<sup>1)2)</sup>。一方、スパーキング井戸を多く用いる本工法では、効率的な浄化を行うために汚染状況に応じて個々の井戸に適切な運転条件を設定することが重要である。

本報では、観測井戸において浄化期間中の地下水ベンゼン濃度の長期的なモニタリングを行い、スパーキング井戸から供給される風量や注水量に対するベンゼン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

本工事は、石炭ガス製造工場跡地のベンゼン汚染帯水層を浄化対象とした。ベンゼンは第一帯水層 (GL-3m~-6m)、第二帯水層 (GL-8m~-12m) に存在したため、両帯水層に対して空気および栄養水の供給が可能な二層式スパーキング井戸を使用した。本工事では、浄化対象エリアを 13 のエリアに分割して、スパーキング工法および注水バイオスパーキング工法を実施した (図-1)。コンプレッサが供給可能な最大風量は約 0.2m<sup>3</sup>/s、水処理後に確保可能な注水量は約 2.0×10<sup>-4</sup> kL/s と制限されたため、ベンゼンの汚染状況を観測しながら個々のエリアに対して風量および注水量を月毎に設定した。スパーキング工法実施後に地下水中のベンゼン濃度が環境基準値を下回らずに浄化効果が見られなくなったエリアでは、注水バイオスパーキング工法に浄化方法を順次切り替えた。

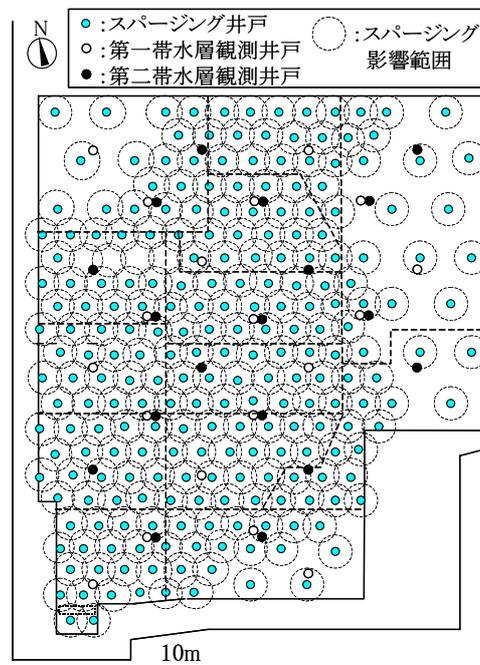


図-1 浄化井戸と観測井戸の平面配置図

### 3. 浄化工事期間における地下水中のベンゼン濃度の推移

浄化期間中の第一および第二帯水層における地下水ベンゼン濃度平均値を図-2 に、浄化期間中の積算風量および注水量を図-3 に示す。浄化開始から約 70 日間の試運転後、約 6 ヶ月間はスパーキング工法を実施した。第一帯水層では平均ベンゼン濃度が 24mg/L から 0.2mg/L に低減したのに対して、第二帯水層では、4.7mg/L と高濃度のベンゼンが残存した。これは、第一帯水層では浄化開始 70 日目以降にスパーキング井戸 1 本あたり 1.2×10<sup>-3</sup>m<sup>3</sup>/s の平均風量を確保したのに対して、第二帯水層では、平均風量を 6.8×10<sup>-4</sup>m<sup>3</sup>/s に抑えたため、気化速度に大きな差が生じて物理的除去効果に影響したものと考えられた。250 日目以降、第一帯水層ではベンゼン濃度が残存しているエリアから順次、注水バイオスパーキング工法に切り替えた結果、浄化開始 250 日後から約 100 日間停滞していたベンゼン濃度は再び漸減傾向を示し、浄化開始から 600 日後には 0.015mg/L まで減少した。一方、第二帯水層ではベンゼンが高濃度で残存しているエリアで引き続きスパーキング工法を実施し、ベンゼン濃度が低下したエリアから順次、注水バイオスパーキング工法に切

キーワード バイオスパーキング, ベンゼン, 原位置浄化, バイオレメディエーション

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター TEL 045-814-7217

り替えた。その結果、ベンゼン濃度は250日までとほぼ同様の分解速度で低下していき、浄化開始から500日経過後には0.43mg/Lまで低減した。さらに、500日目以降に注水速度を高めたところ、580日目以降にベンゼンの顕著な減少傾向が確認され、650日目における平均ベンゼン濃度は0.019mg/Lまで低下した。

4. 風量・注水量とベンゼン浄化速度の関係

初期の地下水中のベンゼン濃度が1mg/Lを超えている観測井戸を対象として、観測井戸から3m以内に設置されているスパージング井戸の風量および注水量の平均値と、観測井戸における地下水中のベンゼン濃度の減少傾向を個々の観測井戸について集計した。その結果、スパージング工法実施期間と注水バイオスパージング工法実施期間では、ベンゼン濃度はそれぞれ異なる分解速度で指数関数的に減少していることを確認した。そこで、個々の観測井戸における平均風量および平均注水量に対する疑一次減衰速度定数および分解速度定数を算出した(図-4, 5)。この結果、スパージング工法における土壌1m<sup>3</sup>当たりの平均風量は0.4×10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>/sから2.1×10<sup>-5</sup>m<sup>3</sup>/sの範囲で浄化エリアにより異なったが、この風量範囲内においては風量と疑一次反応定数に概ね相関性が認められた。また、注水バイオスパージング工法を導入したエリアでは、一定の誘導期間の後にベンゼン濃度は低下し、注水バイオスパージング工法実施時の土壌1m<sup>3</sup>当たりの注水量とベンゼンの微生物分解速度にも相関性があることが確認された。

5. まとめ

スパージング工法および注水バイオスパージング工法では一定の風量や通気量の範囲内であれば、ベンゼン浄化速度と風量や通気量の間に関係があることが示された。このような実測結果を今後蓄積することにより、効率的な浄化運転計画の策定や浄化期間の予測を行うことが可能になると考えている。

参考文献

- 1) 桐山ら：土木学会論文集，F Vol.65 NO.4，pp.555-566，2009.
- 2) 高畑ら：土木学会第63回年次学術講演会講演概要集，VII部門，pp.191-192，2008.

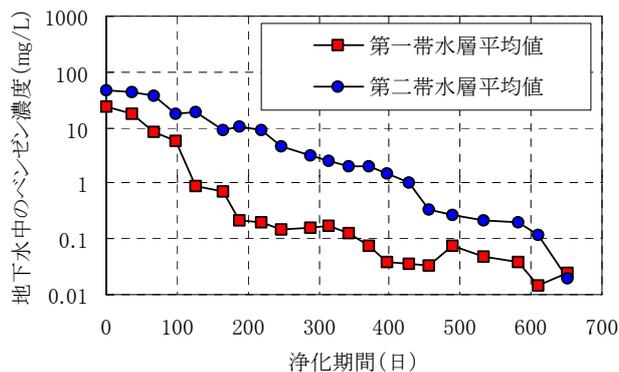


図-2 地下水中のベンゼン濃度の平均値

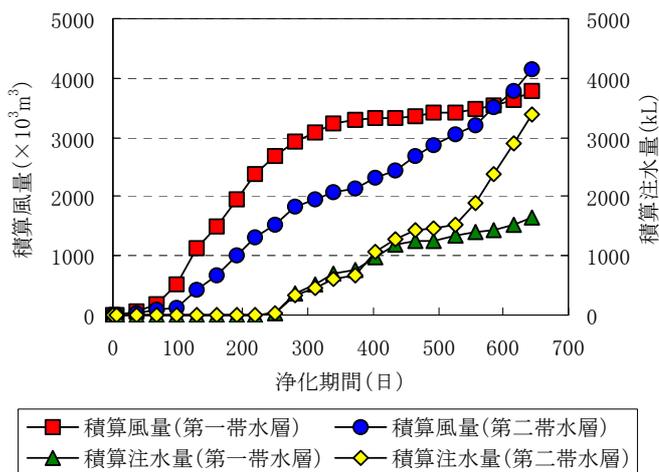


図-3 浄化期間中の積算風量および積算注水量

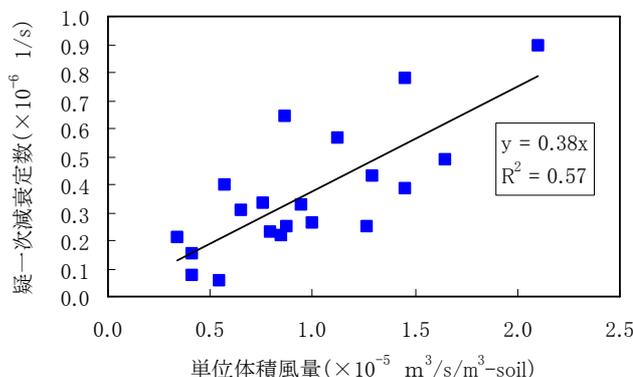


図-4 風量とベンゼンの疑一次減衰定数の関係

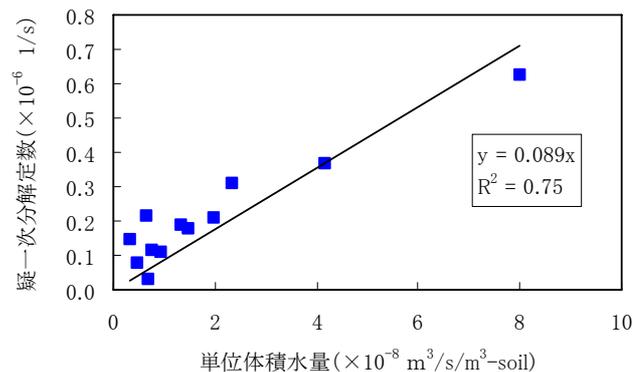


図-5 注水量とベンゼンの疑一次分解定数の関係