

## 注水スパージング工法によるベンゼンの原位置浄化特性

大成建設（株）土木技術研究所	正会員	高畑	陽
大成建設（株）土木技術研究所	正会員	藤原	靖
大成建設（株）エコロジー本部	正会員	有山	元茂
東邦ガス（株）生産計画部		桐山	久

## 1. 研究の背景および目的

昨年度の報告より、スパージング工法は適切に浄化井戸を配置することにより、高濃度のベンゼンで汚染された地下水から短期間でベンゼン濃度を低減できることが示された<sup>1)</sup>。しかしながら、ベンゼン濃度は、浄化開始直後には速やかに減少した一方、浄化開始から50日経過後には減少速度が大きく低下した。ベンゼンは土壌、地下水共に約4mg/lが残存しており、浄化コストの低減や浄化期間の短縮を行うためには、スパージング工法に替わる効率的な浄化工法の導入が求められた。

低濃度のベンゼンで汚染された土壌・地下水には、好気性ベンゼン分解微生物を活性化させるバイオスティミュレーションが有効なことが知られている<sup>2)</sup>。ベンゼン分解菌の活性を高めるためには、汚染物質の分解に必要な栄養源を供給すると共に、地下水中に残存して微生物の分解活性を阻害する代謝産物や汚染物質を回収できる揚水循環工法が有効と考えられてきた。しかしながら、揚水循環工法では供給可能な酸素量が限られること、高透水域の形成により地盤に対して均一に栄養塩を供給することが難しいこと、揚水量に対して十分な注水量を確保するには多くの注水井戸を設ける必要があるなどの課題があった<sup>3)</sup>。

本報では、エアスパージング工法に揚水循環工法を併用した注水スパージング工法を用いてベンゼン汚染サイトを浄化した事例について報告すると共に、注水スパージング工法の浄化特性とその有用性を検証した。

## 2. 試験浄化サイトの概要

試験浄化サイトおよび土壌中のベンゼン溶出量の平均値は昨年度概要集に示した<sup>1)</sup>。

## 3. 注水スパージング工法の概要

ベンゼン汚染サイトにおいて、昨年度概要集に示す仕様でスパージング工法による浄化試験工事を実施した<sup>1)</sup>。浄化開始から約50日でベンゼンの減少速度が大きく低下したため、浄化開始55日後から注水スパージング工法に浄化工法を変更した。注水スパージング工法の概念図を図-1に示す。本工法は、井戸から揚水した汚染地

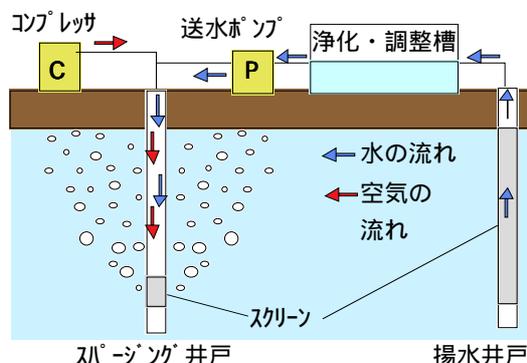


図-1 注水スパージング工法の概念図

下水を浄化処理し、栄養源を供給後、スパージング井戸を利用して栄養源と空気を地下水に供給する。本工法は注水井戸の代わりに既存のスパージング井戸を利用するため、コストを抑えてベンゼンを浄化することが可能である。注水スパージング工法は浄化開始55日後から157日後までの約100日間実施し、その後20日間は再度、スパージング工法を実施し試験を終了した。注水は1本のスパージング井戸（流量150L-Air/min）に対して1L-water/minで行い、浄化期間中の総注水量は約100kL、添加した窒素およびリン量はそれぞれ、44、11mg/kg-soilであった。

## 4. 注水量の検討

注水量によるスパージング流量および地盤内圧力の影響を表-1に示す。注水量を10L/minまで増加させてもスパージング流量の損失は10%以下、地盤内圧力の増加も2倍以下に抑えられた。また、同一の井戸におけるスパージング停止時の注水流速は約0.8L-water/minであり、注水スパージング工法により注水効率が10倍以上高まることが示唆された。

表-1 注水量によるスパージング流量・地盤内部圧力の影響

注水量 (L/min)	0	1	2	3	5	10
スパージング流量 (L/min)	154	148	144	139	140	143
地盤内部圧力 (Mpa)	0.07	0.08	0.10	0.12	0.12	0.10

キーワード：原位置浄化工法、スパージング工法、注水スパージング工法、ベンゼン

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 土木技術研究所 水域・生物環境研究室

TEL: 045-814-7226 FAX: 045-814-7257 e-mail: yoh.takahata@sakura.taisei.co.jp

## 5. トレーサー試験による注入水の拡散状況の検討

スパージング井戸を利用した注入水(栄養塩)の拡散状況を把握するため、S1スパージング井戸から臭化ナトリウム 10kg を投入し、各観測井における臭化物イオン濃度を定期的に測定した。投入40日後のデッドスペースにおける臭化物イオン濃度は初期濃度の10倍以上増加し、その後も臭化物イオンはサイト内にほぼ均一に拡散することが示された(図-2)。

## 6. 地下水中のベンゼン濃度の推移

各観測井から採取した地下水のベンゼン濃度を定期的に測定した結果から作成した汚染の平面分布状況を図-3に示す。浄化初期のスパージング工により、高濃度のベンゼンは除去されるものの、ベンゼンの除去速度が低

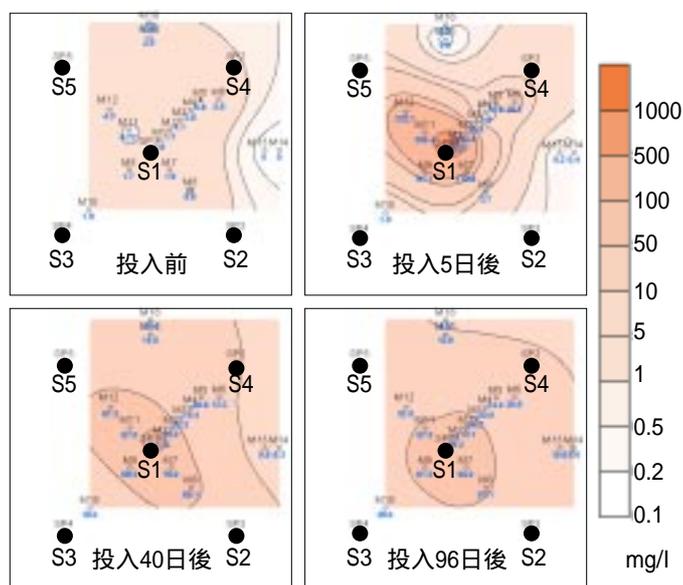


図-2 トレーサー試験におけるBr濃度の経時変化 (S1～S5:スパージング井戸)

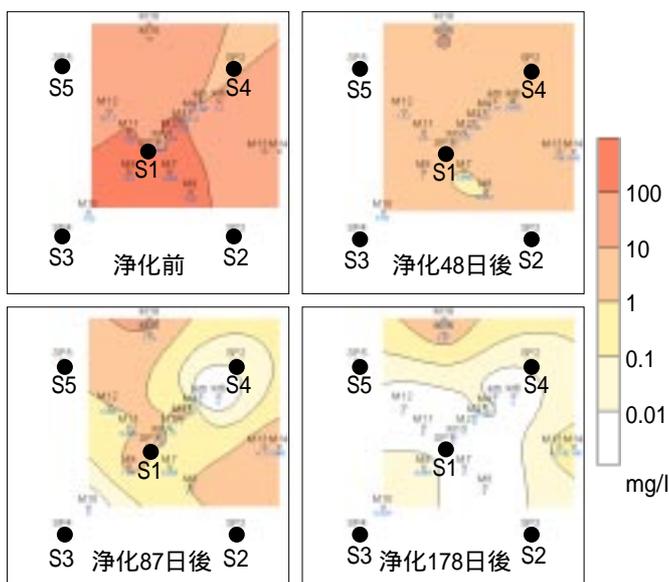


図-3 地下水中のベンゼン濃度の経時変化

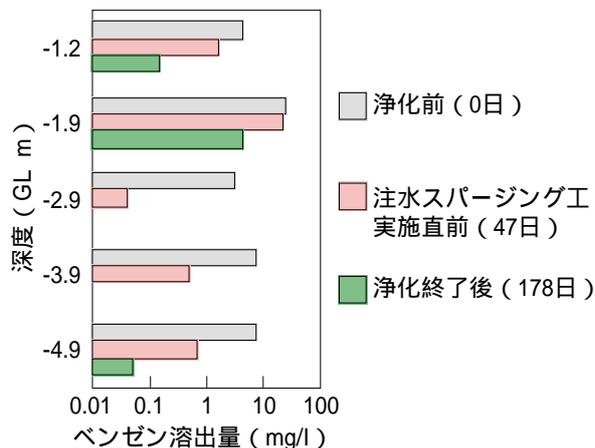


図-4 S1井近傍における土壌中のベンゼン溶出量の推移

下後も試験サイトに1～10mg/lのベンゼンが存在した(浄化48日後)。注水スパージング工法を導入後、約30日間でS4井戸周辺ではベンゼン濃度の減少が顕著に観測され(浄化87日後)、浄化終了時(浄化178日後)にはデッドスペースにあるM13～M16の観測井を除いてベンゼン濃度は環境基準値近傍まで減少した。

## 7. 土壌中のベンゼン溶出量の推移

S1スパージング井戸の周囲にあるM1～M3、M7、M9、M11観測井近傍におけるベンゼン溶出量の推移をボーリング調査により深度別に測定した結果を図-4に示す。汚染源が存在するGL-1.9m付近の土壌はベンゼン濃度の減少が確認されたものの環境基準の約400倍のベンゼンが残存した。一方、汚染源から拡散したベンゼンが存在しているGL-2m～-5mにおける土壌中のベンゼン溶出量は、スパージング工法終了時には環境基準を超過していたが、注水スパージング工法を導入により、ほぼ環境基準以下に浄化されていることが確認された。

## 8. まとめ

本試験工事により、注水スパージング工法は、従来の原位置浄化工法では難しいと考えられてきた低濃度のベンゼンを短期間で均一に浄化可能な工法であることが示された。また、本試験における揚水・注水量は地盤に存在する地下水量の約50%程度であり、従来の揚水循環工法と比較して水処理水量が大幅に低減可能であることも確認され、水処理施設のコンパクト化にも寄与できる工法であることが示された。

## 9. 参考文献

- 1) 高畑ら、原位置浄化試験によるエアスパージング工法の最適設計手法に関する検討第58回土木学会年次学術講演会講演概要集 -015 (2003)
- 2) US EPA, Ground Water Issue, EPA/540/s-92/003 (1992)
- 3) US EPA, Pump-and Treat Ground-water Remediation, EPA/625/R-95/005 (1996)