

注水バイオスパーキング工法によるベンゼン汚染帯水層の浄化特性

大成建設（株）技術センター 正会員 ○高畑 陽
 大成建設（株）技術センター 正会員 大石 雅也
 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

注水バイオスパーキング工法は、汚染帯水層に設置したスパーキング井戸から空気と有用微生物の活性を促進する栄養塩（窒素・リン等）を含む水（栄養水）を同時に供給する浄化技術である¹⁾。本技術の有効性は、東邦ガス（株）のガス製造工場跡地のベンゼン汚染帯水層に対して実施した原位置浄化試験により実証されており^{2) 3)}、2005年8月より本エリアの7000 m²の汚染域に対して本工法を適用する浄化工事を実施した⁴⁾。本工事では、始めに高濃度のベンゼンが存在するエリアを対象としてエアスパーキング工法を実施し、ベンゼン濃度が環境基準の10～100倍に低下したエリアから順次、注水バイオスパーキング工法を実施した。その結果、20ヶ月間の浄化工事により、一部のエリアを除いて地下水のベンゼン濃度は環境基準値以下まで低減した⁵⁾。

本報では、浄化サイトに設置した地下水観測井戸について経時的な地下水モニタリングを行い、運転方法に伴うベンゼンの浄化効果について分析した結果を報告する。

2. 調査対象エリアおよび調査対象井戸

本調査は、全浄化対象エリアの北側に位置するA1-3-6北エリア（1600 m²、注水スパーキング井戸53本）における第2帯水層の浄化状況をA2観測井戸（図-1、井戸形状については参考文献4を参照）を用いて観測した。A1-3-6北エリアでは第2帯水層が高濃度のベンゼンで汚染されており⁴⁾、初期濃度は環境基準値の1000倍を超過していた（表-1）。本エリアの浄化は、2005年の11月よりエアスパーキング工による浄化を開始し、2007年1月より注水バイオスパーキング工法に切り替えた。注水に用いる栄養水は、汚染サイトから揚水した地下水を浄化した非汚染水に、窒素およびリンを最終濃度がそれぞれ約12g-N/kL、約4g-P/kLになるように添加したものを使用した。

運転管理項目として、A1-3-6北エリアの通気量および注水量を集計すると共に、A2井戸から地下水を毎月採取してベンゼン濃度を測定した。また、2006年5月からは汚染サイトにおける微生物の活性化状況を把握するため、地下水中の全有機炭素濃度（以下TOC）とアデノシン三リン酸濃度（以下ATP）の測定を実施した。

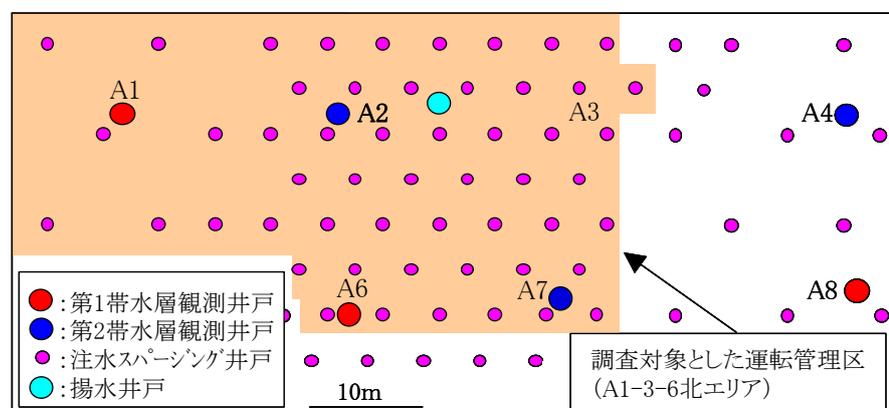


図-1 調査対象とした浄化運転管理エリア(A1-3-6北エリア)

表-1 A2井戸地下水の初期性状(浄化前)

測定項目	測定値
pH	8.6
酸化還元電位	-50 mV
溶存酸素	1.5 mg/L
ベンゼン	22.0 mg/L
TOC	450 mg/L
n-ヘキサン抽出物質	2.5 mg/L
全窒素	6.7 mg/L
全リン	4.0 mg/L
全鉄	280 mg/L

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 TEL045-814-7217

3. 運転状況と観測結果

A1-3-6 北エリアにおける浄化期間を通じての月別の総風量、総注水量、地下水中のベンゼン濃度、pH、TOC、および ATP の推移を図-2 に示す。月別のスパージング風量は各エリアにおけるベンゼン濃度に基づいて月別に設定しているため、月間で大きく変動している。2005 年 11 月から 7 ヶ月間は比較的風量を抑えてエアスパージング工を実施したが、地下水中のベンゼン濃度は最大濃度から約 3 オーダー減少し、環境基準値の 10 倍程度まで減少した。一方、2006 年 8 月以降のスパージング工ではそれまでより風量を増加させたものの、ベンゼン濃度は月毎に増減を繰り返し、ベンゼン濃度の有為な低下が 8 ヶ月間確認されなかった。

2007 年 1 月より注水バイオスパージング工法に浄化工法を切り替えた結果、ベンゼン濃度は 3 ヶ月間の浄化運転により環境基準値の 1/10 以下まで減少した。注水バイオスパージング工の適用前、100mg/L 以上の高濃度の TOC が地下水に存在する一方、ATP はスパージングによる酸素供給にかかわらず活性が低く推移した。注水バイオスパージング工法の開始後、TOC はベンゼン濃度と同様に有為な減少傾向が確認された。また、ATP は 2007 年 2 月の測定において、注水開始前の 10 倍以上の活性上昇が確認された。この結果から、注水バイオスパージング工法は、地下水中の速やかな微生物活性の向上と有機物分解を誘導でき、その結果として地下水中の汚染物質（ベンゼン）が短期間に分解・低減するものと考えられた。

4. まとめ

高濃度のベンゼンで汚染された第 2 帯水層の初期浄化対策としてエアスパージング工が有効であるが、ベンゼン濃度が環境基準値の 10~100 倍程度に減少した際に浄化効率の低下が確認された場合（濃度リバウンド現象が確認された場合）には、速やかに注水バイオスパージング工法への切り替えが必要であることが示された。

参考文献

- 1) 高畑陽ら：基礎工，Vol. 33，pp. 37-39 (2005)。
- 2) 高畑陽ら：地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，第 11 回講演集，pp. 232-235 (2005)。
- 3) 高畑陽ら：地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，第 12 回講演集，pp. 112-115 (2006)。
- 4) 大石雅也ら：地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会，第 13 回講演集，pp. 213-218 (2007)。
- 5) 高畑陽：建設リサイクル，Vol. 140，pp. 64-67 (2007)。

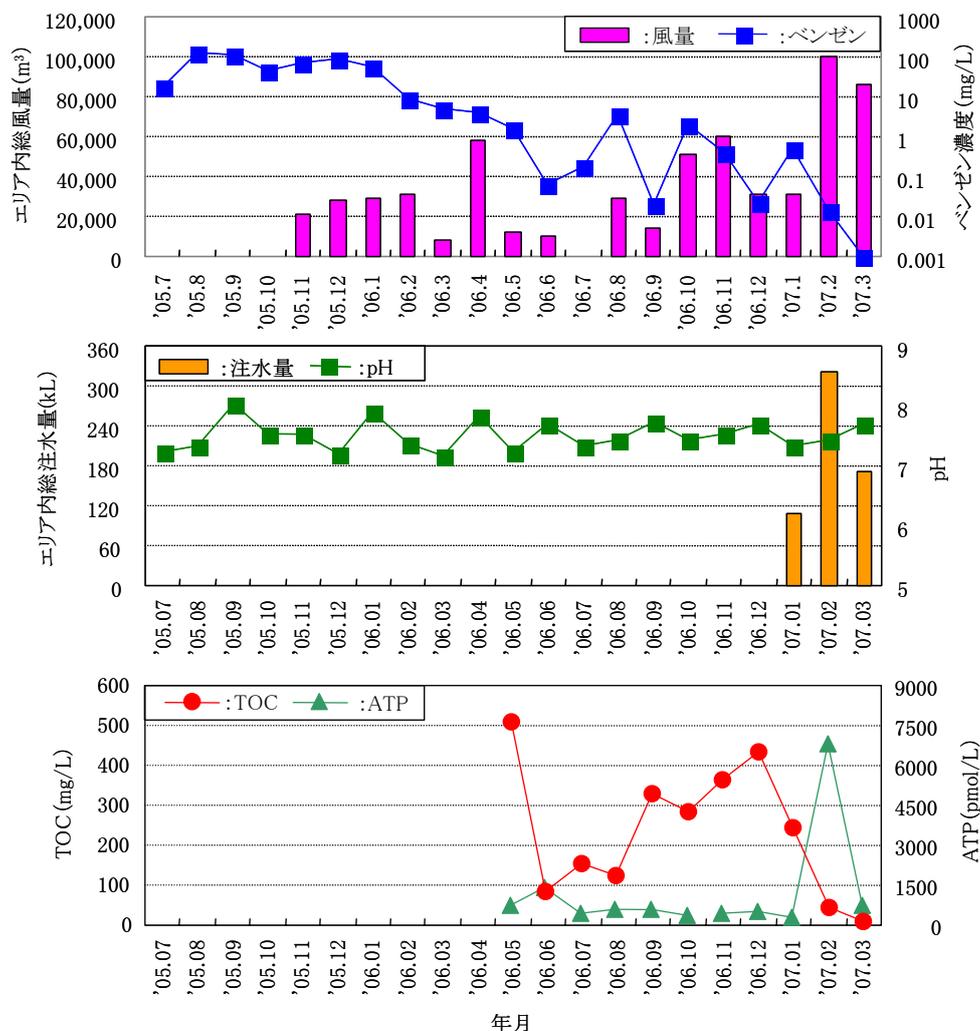


図-2 浄化工事期間中の運転管理および地下水観測結果