

水平井を用いたバイオスパーキング工法の実証試験（その1）－浄化効果評価－

鹿島建設(株) 正会員 ○小林弘明 河合達司 川端淳一 中山等
 東京ガス(株) 佐藤義幸
 東京ガス・エンジニアリング(株) 武藤彰

1. はじめに

昨年度、揮発性有機化合物(ベンゼン)で汚染された地盤において、帯水層中の地下水濃度低減に鉛直井及び水平井を用いたエアースパーキング工法(空気注入工法)による浄化特性を検討した^{1,2)}。エアースパーキング工法では、高濃度汚染の場合、空気の圧力による物理的な揮発、剥離作用が大きく有効であるが、特に低濃度の場合には、浄化期間は長期に亘ることが分かっている。そこで、エアの注入効果による溶存酸素濃度の上昇を利用し、微生物分解を促進させるように栄養塩を注入することで、浄化促進効果が期待できるバイオスパーキング工法を、同じサイトにて水平井を用いて適用した結果を報告する。

2. 試験概要

試験サイトは、図-1 に示すように面積 820m² (37m×22m) 程度であり、地盤の透水係数は 10⁻⁵m/sec の細砂層、地下水位は G.L.-2.7m、動水勾配は極めて小さい。図-2 に試験サイトの代表的なボーリング調査結果による柱状図を示す。水平井は深度 7m 付近に設置してある。ストレーナ径は 65mm、長さ 500mm で、ストレーナ部の両側にはパッカーが設けられており、パッカー間の距離が 1.5m 幅で空気を地盤中へ注入する構造となっている²⁾。また、ストレーナ部は 2 箇所設置しており、各々が地盤条件に合わせて注入圧力を独立制御できるシステムとなっている。地下水観測井は 30 箇所設置している。栄養塩は主として塩化アンモニウム、リン酸塩を注入し、同時にトレーサーとして臭化ナトリウムを注入している。バイオスパーキングの運転条件を以下に示す。空気注入量は

事前の検討により最適な注入量を把握して試験を行った。空気注入量は平均 374L/min、ガス吸引量は平均 622L/min、栄養塩溶液注入量は平均 105L/day、栄養塩注入量は平均 0.2kg/day であった。試験期間は 100 日であり、前半 30 日、後半 30 日、さらに 26 日間連続運転を実施した。ベンゼン地下水濃度は PID/GC-ヘッドスペース法、各種イオン濃度はイオンクロマトグラフにより分析した。

3. 試験結果

3-1 微生物活性因子の影響範囲

図-3 に約 2 ヶ月後の微生物活性要因となる溶存酸素濃度(DO)、アンモニア、リン酸塩、臭素の分布状況を示す。各々の分布図から図中上方向に偏り易い傾向にあるが、微生物活性に必要な因子を帯水層中に概ね短軸方向に 10m、長軸方向に 20m 広げることができており、微生物分解が可能な環境状況が得られた。分布の偏りは、地盤の不均質性の影響と

連絡先: 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL.0424-89-7072 FAX.0424-89-7086

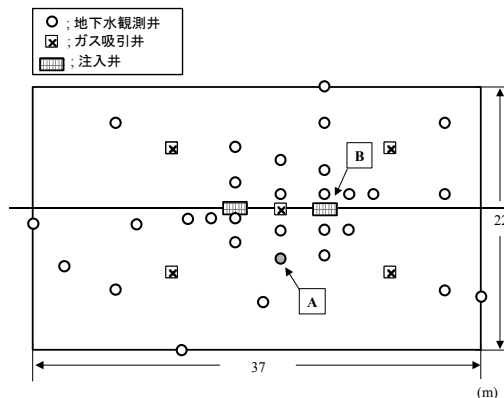


図-1 試験サイトの概要図

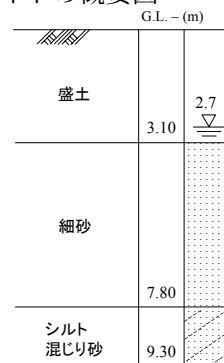
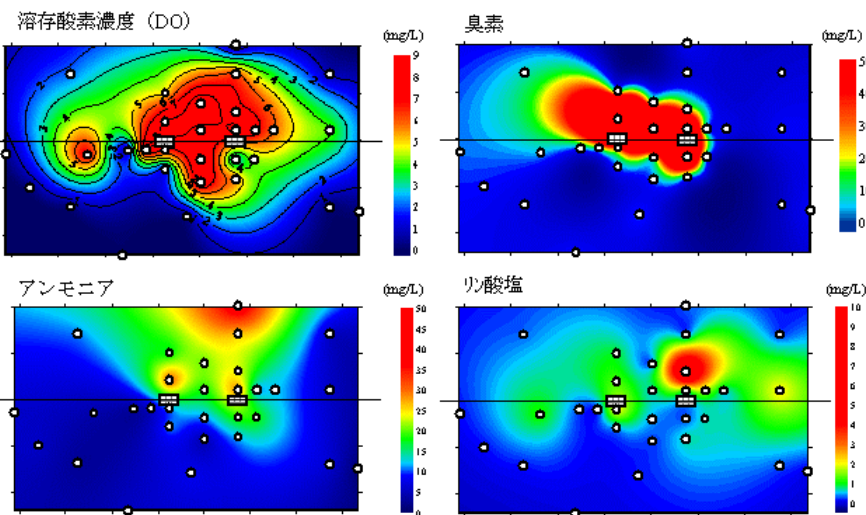
図-2 試験サイト
柱状図

図-3 微生物活性因子の影響範囲

思われる。

3-2 浄化効果

図-4 にバイオスパーキング運転開始前と運転開始3ヶ月後のベンゼン地下水濃度の分布図を示す。浄化効果は、注入井に近いほど高い。約3ヶ月間の運転により、注入井を中心とした環境基準値(0.01mg/L)以下となった領域は、100m²程度となった。また、浄化効果の範囲は時間経過と共に外側へ拡大する傾向にあった。

ここで、本試験サイト内で浄化効果が促進され難かった図中下方向に位置し、注入井より5.6m離れた地点にある地下水観測井A(図-1 参照)に着目して、ベンゼン地下水濃度の経時変化をエアースパーキング工法時のモニタリング結果と比較して図-5 に示す。同図中には式(1)で定義される浄化速度係数 k も併せて示す。

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad (1)$$

C_t : 地下水中の汚染物質濃度, C_0 : 地下水汚染物質初期濃度, t : 時間

運転停止前(連続運転30日間)の浄化速度係数 k は、両工法に大きな差は認められなかった。一方、運転再開後の k は、エアースパーキング工法が0.05、バイオスパーキング工法が0.14であり、バイオスパーキング工法による浄化速度の方が速い。図-6,7に観測井Aにおける微生物活性の指標であるATP濃度の経時変化、アンモニア、臭素濃度の経時変化を各々示す。運転再開後、観測井地点に到達した栄養塩であるアンモニアの濃度が上昇し、ベンゼン地下水濃度の減少速度が加速している(図-5 参照)。また同時にATP濃度も上昇していることが分かる。これより運転再開後は、微生物分解効果がベンゼン地下水濃度の低減に大きく寄与しているものと思われる。

図-8 に注入井より1m離れたB地点(図-1 参照)における運転開始前(左側の注入井による事前検討後)と試験終了後の調査ボーリングによる土壌溶出量を、1m毎の公定分析と20cm毎の現場で簡易測定結果により比較した。(公定分析の検出限界以下、簡易分析のN.D.を0.0001としている。)初期濃度が環境基準値付近にあったものがほぼ検出限界以下に濃度が低減されたことから、土壌溶出濃度の低減にも効果があることを確認した。

5. おわりに

本試験サイトにおけるバイオスパーキング工法を実施することで、微生物活性が十分満足される影響範囲及び浄化促進効果についてその特性を述べた。今後、エアースパーキング工法とバイオスパーキング工法の効率的な組み合わせ方法についてさらに検討したい。本試験結果の一部は、環境省平成15年度「低コスト・低負荷型土壌汚染調査対策技術検討調査」により得られたものである。【参考文献】1) 小林, 河合, 川端, 佐藤, 長澤: エアースパーキング工法による影響範囲に関する考察, 第58回年次土木学会学術講演会, 2002 2) 小林, 川端, 河合, 石井, 宮崎, 中下, 上澤: 水平注入井を用いたエアースパーキング工法の開発, 第9回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2002

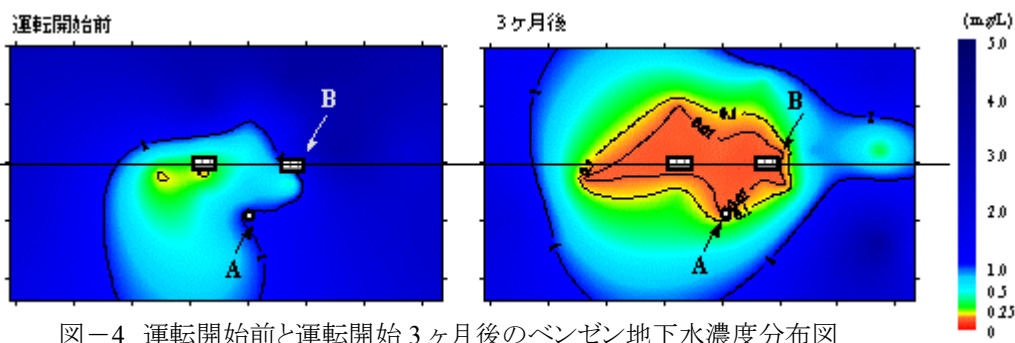


図-4 運転開始前と運転開始3ヶ月後のベンゼン地下水濃度分布図

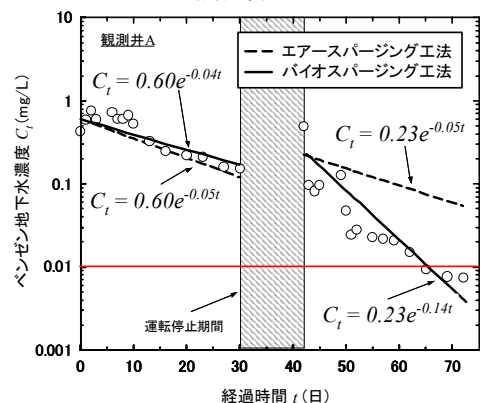


図-5 ベンゼン地下水濃度の経時変化と各工法の浄化速度の関係

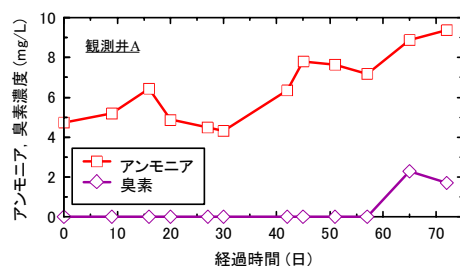


図-6 アンモニア、臭素濃度の経時変化

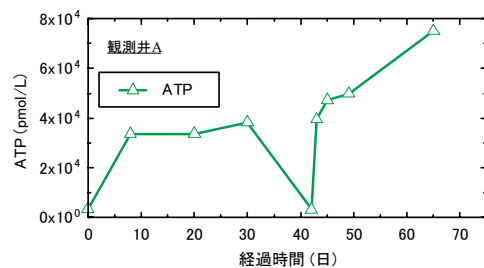


図-7 ATP濃度の経時変化

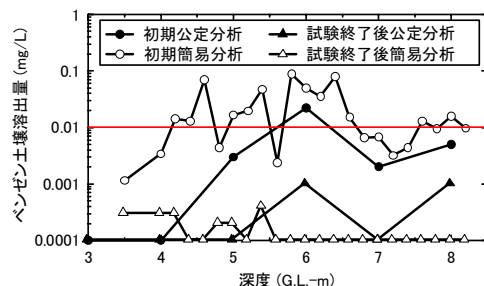


図-8 土壌溶出分析結果(B地点)