

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2）—環境影響評価—

鹿島建設(株) 正会員 ○河合達司, 小林弘明, 川端淳一
東京ガス(株) 西願寺篤史
東京ガス・エンジニアリング(株) 佐々木秀夫

1. はじめに

ベンゼン汚染地下水に対する従来の原位置処理法として、揚水曝気工法やエアースパーキング工法などがあり、国内外において数多くの実例が報告されている。「水平井を用いたバイオスパーキング工法」（以下本技術と言う）は、浄化効率が従来の鉛直注入井に比べて優れた水平井¹⁾を採用し、土着微生物による分解効果を利用した技術であることから、これらの従来技術と比較して低コスト・低環境負荷型技術であることが期待される。本研究では、本技術の実証試験結果に基づき、汚染拡散や地下水質変化、CO₂発生量等の環境影響を評価した結果を報告する。

2. 試験概要

本技術の環境影響として考えられる項目及びその評価方法を表-1に示す。また、評価に用いた各観測井の位置関係を図-1、2に示す。

表-1 環境影響の試験方法

No.	項 目	内 容	方 法
1	帯水層内での汚染拡散	帯水層へのエア等注入により汚染が周辺地下水へ拡散する。	浄化対象領域周辺の10本の観測井（HMW-19, M-1, M-2, Y-30, A-1～4, PMW-3, PMW-5）において定期的に採水し、ベンゼン濃度をヘッドスペース-PID/GC法により分析した。
2	大気環境への汚染拡散	エアの注入により揮発した汚染が周辺大気環境へ拡散する。	ガス観測井（HMG-1～9）や吸引井（HE-1～5）、地表面（G-1～6）、活性炭槽出口でガスをテドラバックに採取し、PID/GC法によりベンゼン濃度を分析した。
3	栄養塩による水質変化	微生物を活性化させる栄養塩に含まれる窒素やリンが地下水の水質を変化させる。	全地下水観測井30本より定期的に採水し、45μmでろ過後、イオンクロマトグラフ法により各種イオン濃度（PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ 等）を分析した。
4	土壌微生物生態系への影響	土壌環境の土壌微生物生態系が大きく変化する。	地下水観測井3本（浄化範囲内：HMW-12, HMW-14C, 範囲外対照：Y-30）より定期的に採水し、（株）NCIMBJapanにて16srRNA遺伝子を抽出し、DGGE法により評価した。
5	騒音・振動	装置等の運転により発生した騒音や振動が周辺環境に影響を与える	装置近傍1m及び試験フィールド境界にて公定法により分析した。
6	二酸化炭素排出量	浄化装置の運転等により二酸化炭素が排出される。	電力、水道、燃料、薬剤・材料等の消費量を測定し、二酸化炭素排出量を試算した。資源投入原単位は「建築学会地球環境委員会によるLCAデータベースv.1.2」より引用した。
7	廃棄物量	使用済み活性炭等の廃棄物が発生する。	使用済み活性炭等の廃棄物発生量を測定した。

※地下水観測井仕様：φ50VP管 ストレナー長2.7m（GL-4.5m～7.2m）、ガス観測井仕様：φ50VP管 ストレナー長1.3m（GL-1.5m～2.8m）

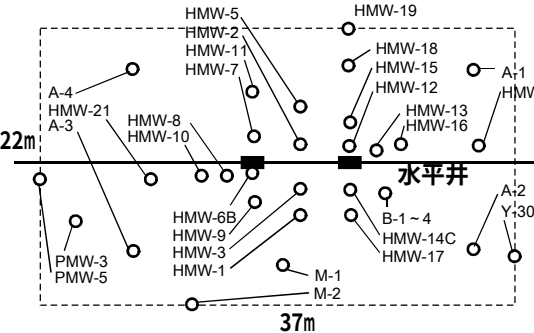


図-1 環境影響評価に用いた地下水観測井位置図

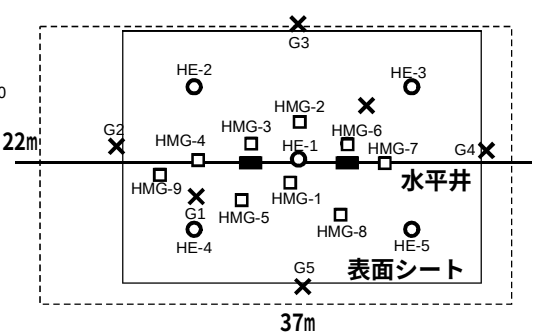


図-2 環境影響評価に用いたガス観測井等位置図

3. 試験結果

3-1 帯水層内での汚染拡散 浄化対象領域周辺の観測井10箇所での試験期間中でのベンゼン濃度変化を図-3に示す。いずれの地下水観測井も大幅な濃度上昇傾向は見られず、今回の実証試験では帯水層内での汚染の拡散はないと考えられる。

キーワード 地下水汚染, 土壌汚染, 原位置処理, VOC, ベンゼン, 生物処理, バイオスパーキング, 環境影響評価
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設株式会社 技術研究所 TEL 0424-89-7741

3-2 大気環境への拡散 図-4, 5 の測定結果により, 不飽和層のガス濃度を示すガス観測井及び吸引井のベンゼン濃度と比べ, 地表面や活性炭槽出口ガス濃度は, ほとんど検出されないことより, 大気への拡散はないと考えられる。

3-3 栄養塩による水質変化 窒素源として注入したアンモニア塩の酸化と思われる硝酸・亜硝酸イオン濃度の上昇が, 一部の井戸で見られた(図-6)が, エア注入の停止により濃度が減少した。濃度の減少は地盤の強い還元雰囲気によるものと思われ, 運転停止とともに消費されることから, 濃度の上昇は一時的なものであると考えられる。また, リンに関しては, オルトリン酸イオンとしては検出されなかった。

3-4 土壌微生物生態系への影響 DGGE 法の結果を図-7 に示す。各バンド(図中の白いバー)は一種類の菌に由来する16srRNA 遺伝子断片に相当し, バンドの濃さはDNA 量に概ね比例すると考えてよい。浄化領域内(HMW-12, HMW-14C)と領域外(Y-30)では, バンドの濃さに差があり, 好気・嫌気等の環境条件の差により優占菌相が異なっている可能性は考えられる。しかしながら, いずれの井戸においてもバンドの位置や配列(DNA パターン)自体には大きな相違は見られないことから, 大幅な菌相変化はないと考えられる。

3-5 騒音振動 コンプレッサーが最大の発生源であり, 1m 近傍で騒音 70db, 振動 46db と静穏が必要な第一号区域でも適用可能な低騒音・低振動性を確認した。

3-6 二酸化炭素排出量 浄化に要した電力, 水, 燃料, 材料の消費量を元に, 初期濃度 1mg/L のベンゼン汚染を浄化する際に生じる汚染土 1m³あたりの CO₂ 発生量を試算した(表-2)。CO₂ 発生量の大部分は運転に要する電力に依存した。CO₂ 発生量は浄化期間に比例する傾向が認められ, バイオスパーキングはエアースパーキングよりも, CO₂ 発生量を低減できることが明らかとなった。

3-7 廃棄物量 期間中の活性炭交換はなく, 使用済み活性炭が約 40kg 発生するなど廃棄物発生量は少ない。

なお, 本研究の結果の一部は, 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。

4. おわりに

今回の試験では, 本技術による汚染の拡散や生態系, 地球環境への甚大な影響など問題となる環境影響は認められなかった。ただし, アンモニア塩注入による硝酸イオンの生成に関しては, 本サイトでは問題はなかったが, 他の環境条件下では嫌氣的に消費されない場合も考えられ, 本工法の適用時には注意が必要である。

【参考文献】

1) 川端ら, 水平井を用いたエアースパーキング工法の実施例(注入, 浄化特性について), 第 58 回年次土木学会学術講演会, 2002

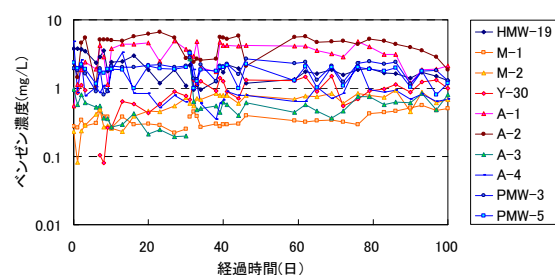


図-3 周辺地下水観測井でのベンゼン濃度経時変化

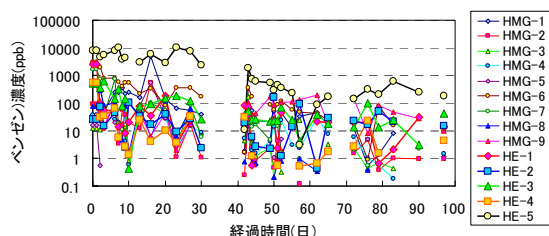


図-4 不飽和層ガス中のベンゼン濃度経時変化

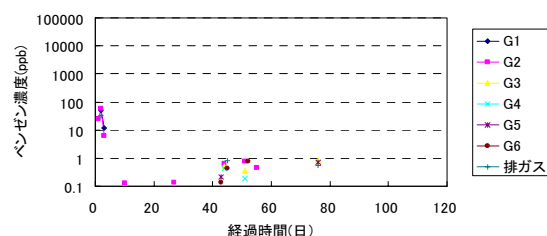


図-5 表層及び排ガス中ベンゼン濃度経時変化

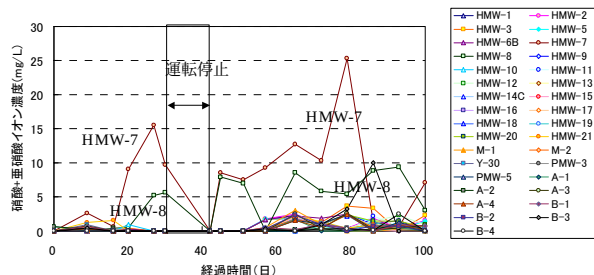


図-6 地下水中硝酸・亜硝酸イオン濃度経時変化

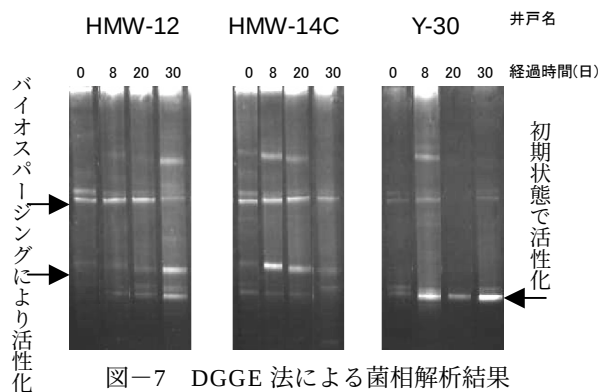


図-7 DGGE 法による菌相解析結果

表-2 CO₂ 排出量の試算結果

資源投入原単位			エアースパーキング			バイオスパーキング		
項目	原単位	単位	資源消費量	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	資源消費量	単位	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)
電力	0.533	kg-CO ₂ /kWh	190.68	kWh/m ³	101.63	69.07	kWh/m ³	36.81
水	0.549	kg-CO ₂ /m ³	0	m ³ /m ³	0	0.08	m ³ /m ³	0.04
栄養塩	0.520	kg-CO ₂ /kg	0	kg/m ³	0	0.16	kg/m ³	0.08
活性炭	5.832	kg-CO ₂ /kg	0.11	kg/m ³	0.66	0.06	kg/m ³	0.33
同輸送用軽油	3.116	kg-CO ₂ /L	0.01	L/m ³	0.02	0.01	L/m ³	0.02
			小計			小計		