

汚染土壌・地下水より回収した揮発性炭化水素化合物含有ガスの生物処理

大成建設（株）土木技術研究所 正会員 ○高畑 陽
 大成建設（株）建築技術研究所 瀧 寛則

1. 研究の背景および目的

国内における揮発性有機化合物（Volatile Organic compounds: VOCs）による土壌、地下水汚染は1990年代から顕在化し、様々な浄化工法が開発・適用されてきた。特に、有害な汚染物質を大気中に拡散させないため、土壌ガス吸引法など物理的にVOCsを回収する物理的原位置浄化手法が多く適用されている。

強制的に回収されたVOCsを含むオフガスの処理には活性炭が用いられてきた。しかし、活性炭による吸着処理は、吸着後のVOCs処理コストが高いことが指摘されている。

VOCsの中で、石油系炭化水素化合物に属する揮発性炭化水素化合物（Volatile hydrocarbons: 以下VHCsと略す）は生分解性を有するため、ランニングコストが安く汚染物質を無毒化できる生物浄化方法の開発が期待される。しかしながら、VHCs含有ガスの微生物浄化に関する研究事例は少なく、効率的な浄化方法が確立されるには至っていない。

筆者らは過去の研究により、*o*-キシレンを含有するガスを分解菌が存在する微生物処理槽に直接曝気処理することにより、ガス中の*o*-キシレンが効率的に分解されることを確認している¹⁾。直接曝気方式による汚染物質を含有するガスの浄化方法は、従来法であるバイオフィルター方式と比較して設備設計やメンテナンスが容易であり、実用的と考えられる。

本報では、VHCsを含む代表的な物質であるガソリンで汚染されたサイトにおいて実証試験を行い、直接曝気方式によるオフガスの浄化可能性と個々のVHCsの浄化特性について検討した。

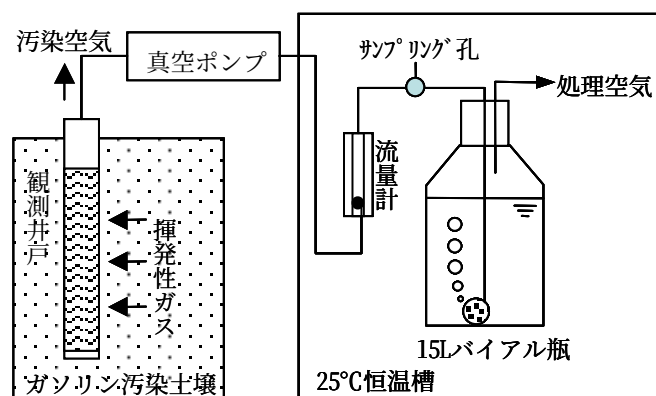


図-1 実験装置の概要図

2. ガソリン汚染サイトにおける実証試験

2.1 実証試験サイトの概要

本試験はガソリンで汚染されたガソリンスタンド跡地で実施した。汚染はGL-1m～-4mまでのシルト混じり砂層で観測され、試験期間中の地下水位はGL-10mであった。

2.2 実証試験装置の概要

実験装置の模式図を図-1に示す。本実験は汚染土壌に設置された観測井戸（全長13m、スクリーン長GL-3m～-13m）から、真空ポンプを用いて地盤中のVOCガスを連続的に採取した。吸引したガスは流量計により流量を100mL～500mLの範囲で調整後、15L容のガラスバイアル瓶に散気管を用いて通気した。表-1に示す3条件の曝気槽を用いて試験を実施した。曝気槽の液量は10Lに設定し、スターラーで常時攪拌しながら25℃の恒温槽内で33日間連続して汚染ガスの処理性能を評価した。

2.3 測定項目および方法

試験期間中に曝気槽の入口および出口よりガスサンプルを採取し、VHCs濃度をGCMSにより測定した。GCMS測定

表-1 実証試験装置における直接曝気槽の試験条件

	試験条件名称	液体	添加物	
			汚染土壌*	KN14株**
バイアル瓶-1	KN14株+汚染土壌	培地***	1g/L	13mg/L
バイアル瓶-2	汚染土壌のみ	培地***	1g/L	-
バイアル瓶-3	コントロール	蒸留水	-	-

* ガソリン土壌を無機塩培地で懸濁させた後の上澄み液

** 馴養および集菌された*o*-キシレン分解菌¹⁾

*** MSM無機塩培地¹⁾

表-2 試験前後における吸引汚染ガス中のVHCsの構成比率

油成分	0日（浄化開始時）		33日（浄化終了時）	
	濃度 (mg/L)	比率 (%)	濃度 (mg/L)	比率 (%)
ベンゼン	0.03	0.32	0.18	0.63
トルエン	0.14	1.47	0.95	3.31
エチルベンゼン	0.01	0.06	0.12	0.42
m,p-キシレン	0.15	1.62	1.46	5.11
o-キシレン	0.40	4.28	0.73	2.54
その他の芳香族分	0.09	0.97	1.26	4.38
総芳香族分	0.82	8.72	4.70	16.40
総飽和分	8.58	91.28	23.97	83.60

キーワード：揮発性炭化水素、BTEX、オフガス処理、直接曝気方式、*o*-キシレン分解菌

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

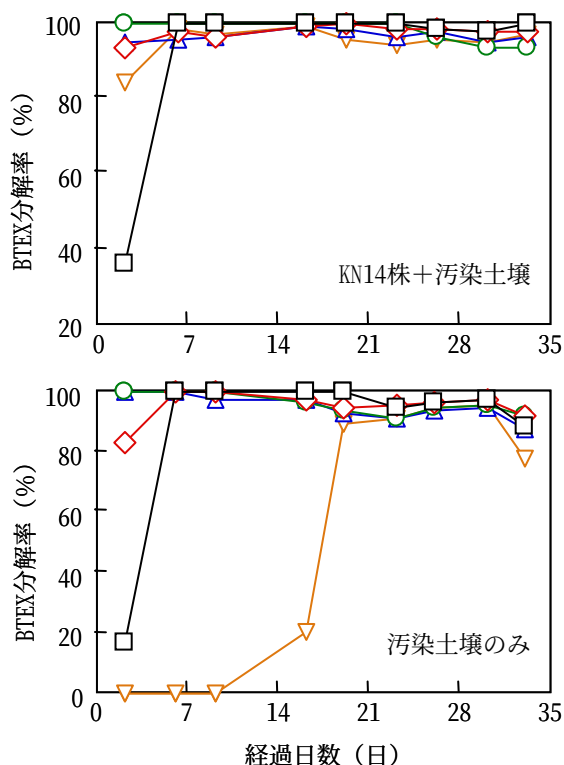


図-2 各微生物処理槽における BTEX 分解率の推移
□：ベンゼン、◇：トルエン、○：エチルベンゼン、
△：m,p-キシレン、▽：o-キシレン

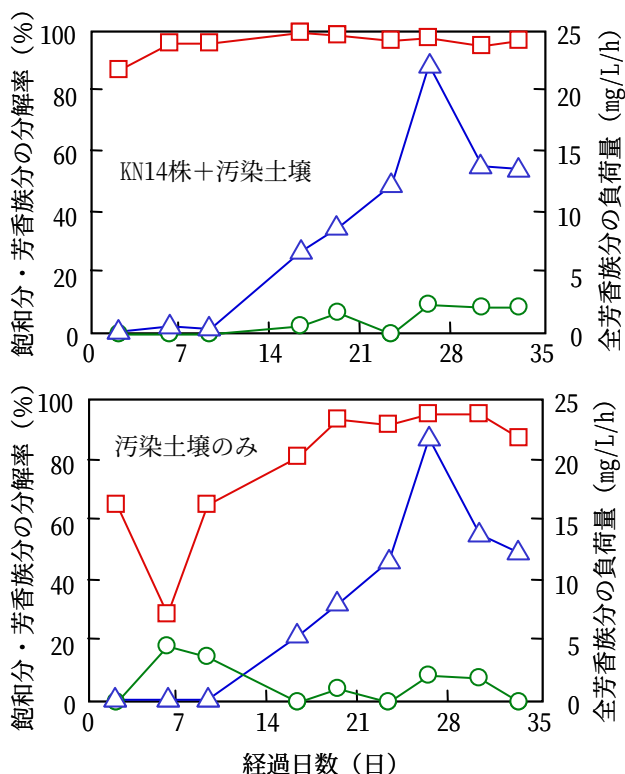


図-3 各微生物処理槽における全飽和分・全芳香族分の分解率および全芳香族分の負荷量の推移
○：全飽和分分解率、□：全芳香族分分解率、
△：全芳香族分の流入負荷量

では、Agilent 社製の HP-1（長さ=60m、内径=320 μ m、膜厚=1 μ m）をカラムとして用い、測定はSIMモードで行った。InjectorTemp は 200°C、カラム温度は初期温度を 30°C で 5 分間保持した後、5°C/min で昇温し、150°C で 15 分間保持した。

3. 結果および考察

3.1 曝気槽に流入するガス中の VHCs 組成

試験開始直後および試験終了直前のコントロール槽に流入する VHCs の組成を表-2 に示す。この結果、試験開始時には全 VHCs 濃度の約 90% が飽和分、約 10% が芳香族分であった。芳香族分のうち、ベンゼン、キシレン、エチルベンゼン、キシレン (BTEX) は全芳香族の約 90% を占めた。また、浄化終了直前では芳香族分の比率が浄化開始前の約 2 倍となったが、この原因は飽和分が芳香族分より揮発しやすいためと推測された。

3.2 BTEX の除去率の経時変化

コントロール槽出口から流出する BTEX 濃度に対する各曝気槽の BTEX 除去率を図-2 に示す。この結果、KN14 株を投入した曝気槽では、浄化開始 6 日目以降に曝気槽に注入する BTEX がいずれも 90% 以上除去された。一方、汚染土壌のみを添加した曝気槽では、o-キシレンが安定して浄化されるまで約 15 日間のラグタイムが存在した。したがって、o-キシレンを浄化開始から安定して分解させるためには、予め有用菌体を曝気槽に投入することが有効であることが確認された。

3.3 芳香族分の負荷量に対する分解率

流入負荷量を試験期間を通じて徐々に高めた結果、全芳香族分は 90% 以上の分解率が維持された。したがって、本装置は芳香族炭化水素化合物に対して約 20 mg/L/h の負荷処理能力があると考えられる。

3.4 飽和分の分解率

飽和分は芳香族分と比較してほとんど曝気槽で処理されなかった。この原因として、飽和分は芳香族分と比較して水溶解度が低いと考えられる。

4. まとめ

BTEX を代表とする揮発性芳香族炭化水素化合物を含む汚染ガスの直接曝気処理方法は、実用化可能なガス処理能力を有していることが示された。一方、ガソリン成分の大部分を占める飽和分炭化水素化合物は、現状の浄化方法ではほとんど処理できなかった。今後の課題として、曝気槽内の微生物含有水に対する揮発性炭化水素化合物の溶解性を高める技術改良が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 瀧 寛則、高畑 陽、有山 元茂、大石 雅也：微生物による BTEX 汚染空気の浄化、大成建設技術センター報、第 36 号、no.42、pp1-7 (2003)