

透気性の異なる地盤の油汚染土浄化特性に関する実験的検討

鹿島建設株式会社 正会員 ○藤澤 惣, 川端 淳一, 河合 達司, 河野 麻衣子, 小澤 一喜, 西牧 宏明  
東邦ガス株式会社 正会員 桐山 久

1. 背景および目的

土壌の好気性微生物を利用するバイオパイル工法は、油などの汚染土壌を浄化する手法として浄化効果及びコストの面から優れた浄化工法の一つである。効果的な浄化を行うためには、分解の際に消費される酸素量を上回る量の酸素を土壌に供給する必要がある。一般的には、透気性の高い土では酸素を供給しやすく、浄化には有利であり、透気性の低い土では酸素を供給しづらく、浄化には不利になると考えられている。しかし、対象とする土壌の透気性と必要な通気量や浄化効果との関係を定量的に評価した事例は少ない。地盤の透気性が低くとも、好気分解に必要な酸素量が供給できれば、透気性の高い地盤と同様な浄化効果が得られるとも考えられる一方、細粒分 (0.075mm 以下) 含有率  $F_c$  が増加するにしたがって、空気は流れやすい場所をより選択的に流れるようになり、同一の流量を同じ重量あたりの土壌に供給できても、必ずしも浄化効果は同じにならない可能性も考えられる。そこで、油汚染土のバイオレメディエーション法における浄化効果と土の透気性の関係を把握することを目的として室内実験を実施した結果を報告する。

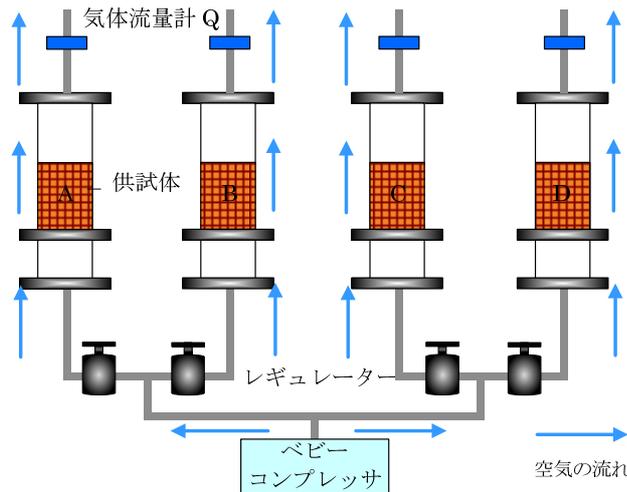


図-1 実験概要

2. 実験概要

本実験は、模擬汚染物質として灯油を含んだ模擬汚染地盤をカラム内に作製し、好気性微生物の分解により浄化を行った(図-1)。浄化の評価は実験前後の TPH (総石油炭化水素) にて行った。本実験では、細粒分含有率を変化させた土に、灯油・従属栄養細菌・十分量の栄養塩を各ケース等量ずつ混ぜ合わせた模擬汚染土を作製し、通気を行った。またカラムを加温することで、微生物活性を促進し、より効率的な浄化を行った。計測項目は流出側の  $CO_2$  濃度 (土壌ガス測定器 Ecoprobe5 による)、通気量  $Q$  である。

3. 実験条件

本実験の条件を表-1 に示す。本実験では  $F_c$  を変化させたケース以外に、不均質地盤による浄化過程を再現するために、図-2 に示す不均質供試体(A および D(A)) を作製した。地盤中の  $F_c$  以外の地盤条件を統一するために、全供試体で同一材料の 0.075mm 以下の細粒分および 0.075mm ~2mm の砂分により粒度調整を行った。

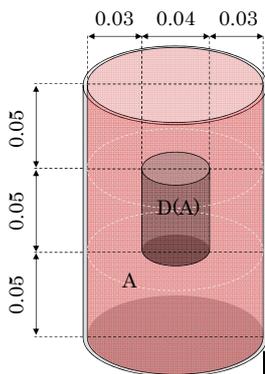


図-2 ケース A

また、間隙比  $e$  (0.837) および飽和度  $S_r$  (50.7%) が一定となるよう締固めた (表-2)。なお本実験では、より均質な供試体を作製するために、均質に調整が可能な凍結混合方式により含水比調整を行い、締固め層厚は 1 層あたり 1cm とした。

表-1 実験条件

通気量	7mL/min	
浄化期間	5週間	
目標TPH	初期値	3000ppm
	最終値	500ppm
地盤温度	30℃	
カラム	仕様	φ100mm×H300mm
供試体	仕様	φ100mm×H150mm

表-2 供試体条件

ケース名	A	B	C	D
細粒分含有率 $F_c$ (%)	5(50)	15	30	50
飽和度 $S_r$ (%)	50.6	50.6	50.6	50.6
間隙比 $e$	0.837	0.837	0.837	0.837
土粒子密度( $g/cm^3$ )	2.62	2.621	2.622	2.624
乾燥密度( $g/cm^3$ )	1.426	1.427	1.427	1.428
含水比(%)	16.2	16.2	16.2	16.1
湿潤密度( $g/cm^3$ )	1.657	1.658	1.658	1.658

キーワード バイオパイル工法, 好気分解, 細粒分含有率, 透気性, 土壌浄化

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-489-6597

4. 実験結果

実験前後の TPH 濃度の分析結果を表-3 および図-3 に示す。表-3, 図-3 を見ると, D(A)を除き, 全てのケースで濃度低下率に有意な差は見られず, TPH の浄化目標値である 500mg/kg を達成した。また, D(A)の結果を見ると, 不均質地盤では, 予想通り低透気性領域で浄化が遅い結果となった。これは A に比べ, D(A)は透気性が非常に小さいため, 空気が透気性の大きい A 内を選択的に流れ, D(A)の内に空気が入りにくかったためと考えられる。これは, 実験前後の含水比を見ると, 同流量かつ同材料の D は含水比が 6%低下しているのに対し, D(A)は含水比が 0.3%しか低下していない結果と一致する。しかし, D(A)はこのような通気不足により, 当初 TPH の減少は極めて低いと予測したが, D の浄化率 81.4%に対し, D(A)の浄化率は 67.1%と比較的浄化が進んでいることが確認された。ただし, 両者の浄化率には有意な差が生じており, 本実験の範囲でも, 絶対的な透過度よりも場の不均質性が全体の浄化効果に与える影響が大きいことが示唆された。

次に積算 CO<sub>2</sub> 排出量を図-4 に示す。油は酸素と反応することで CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O に分解されるため, 分解生成物である CO<sub>2</sub> 排出量は微生物活性の指標となる。図-4 を見ると, A は実験開始後 5 日程度, 他のケースでは概ね 15 日前後で排出量が増加している。また, CO<sub>2</sub> 排出量は C, D には優位な差は見られないが, A, B は C, D と比較して大きな値を示している。つまり, Fc が小さいケースの方が微生物活性は大きいと考えられる。

しかし, 上述したように D(A)を除き TPH 濃度の低下率に優位な差は見られなかった。ここで, 本実験における油の浄化要因として以下の 2 点が挙げられる。

- ①好気性微生物による分解
- ②通気による灯油の揮発

本実験では, カラムに通気することで微生物の活性化を試みたが, 通気量が過剰であったため, 好気性微生物の好気分解による浄化と比較して, 揮発による浄化が支配的となり, 通気量が十分でなかった D(A)以外の全ケースで浄化率がほぼ同等となったと考えられる。

5. まとめ

①本実験では, 微生物の活性化については, 細粒分含有率の小さいケースの方が顕著であることが確認されたが, 十分な流量を確保することが出来れば, 細粒分含有率による浄化速度には優位な差は見られない結果となった。これは, 本実験においては揮発による浄化効果の影響が大きかったためと考えられる。

②透気性の異なる供試体を同一カラム内に設置した不均質モデルでは, 高透気性領域が優先的に浄化されることが確認された。また, 不均質モデルの低透気性領域では TPH 濃度が十分低下しなかったのに対し, 低透気性の供試体についても, TPH 濃度は低下しており, 場の不均質性が全体の浄化効果に与える影響の大きさが示唆された。

参考文献

1) F.M. von Fahnestock, G.B. Wickramanayake, R.J. Kratzke, W.R. Major  
Biopile Design, Operation, and Maintenance Handbook for Treating Hydrocarbon-Contaminated Soils

表-3 各ケースの実験前後の比較

	TPH (mg/kg)		浄化率 (%)	含水比 (%)	
	開始時	終了時		開始時	終了時
ケース A	2400	430	82.1	13.3	5.7
ケース D(A)	2100	690	67.1	13.6	13.3
ケース B	2800	270	90.4	13.3	4.8
ケース C	3000	400	86.7	13.7	5.5
ケース D	2100	390	81.4	13.6	7.6

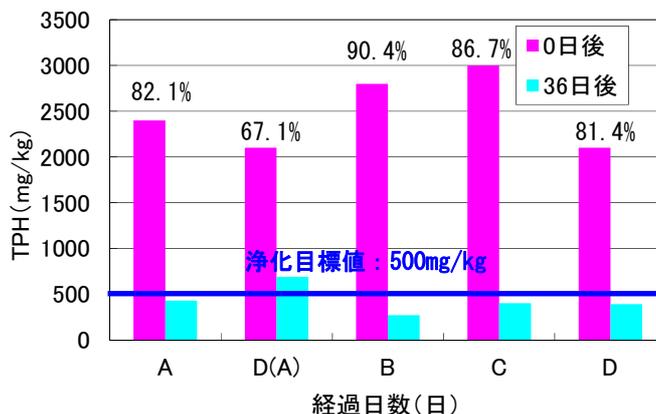


図-3 各ケースの実験前後の TPH

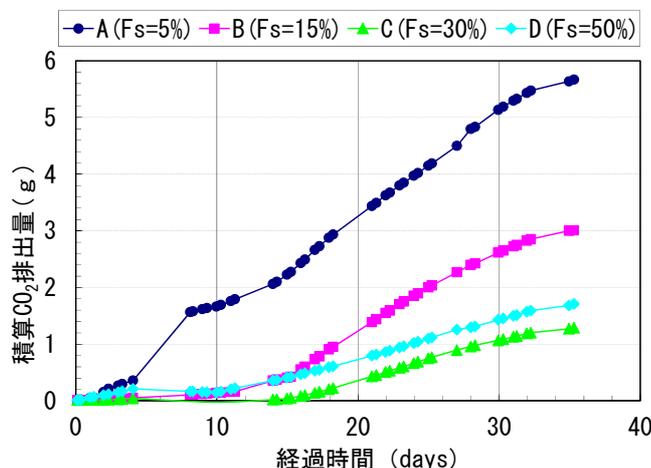


図-4 各ケースの積算 CO<sub>2</sub> 排出量