

石油汚染土壌の原位置浄化工法における油分モニタリング方法の検討

大成建設（株） 技術センター 正員 ○高畑 陽 正員 帆秋利洋 正員 根岸昌範 正員 今村 聡
大成建設（株） エコロジー本部 島田曜輔

1. 研究の背景および目的

石油汚染土壌の微生物処理法（バイオレメディエーション）は、洗浄法や熱分解法等と比較して低コストで浄化が可能だけでなく、環境に与える負荷が小さい手法として急速に普及しつつある。汚染された土壌を掘削し、地上で攪拌や通気を施すオンサイト浄化工法は、均一かつ速やかな浄化が可能である。また、本工法では浄化の進行状況をモニタリングする手法も確立されており、浄化期間中の的確な品質管理が可能となっている¹⁾²⁾。一方、汚染土壌を移動させずに浄化を行う原位置浄化工法は、浄化を実施するための敷地が不要だけでなく、作業中のガソリンスタンドや工場などにも適用可能な利点がある。また、オンサイト浄化工法と比較して低コストで施工が可能であり、臭気の拡散も防止できる。しかしながら、原位置浄化工法において浄化の進行状況を直接に把握するためには、ボーリング等により原地盤の土壌を採取する必要がある。したがって、浄化期間中の汚染状況を把握するためには多大な労力とコストが必要となる。本報では通気井を使用した不飽和層における石油汚染土壌の原位置浄化工法に適した油分モニタリング方法として、原地盤での微生物呼吸活性に着目し、酸素消費速度から油分分解量を推測する方法について検討した。

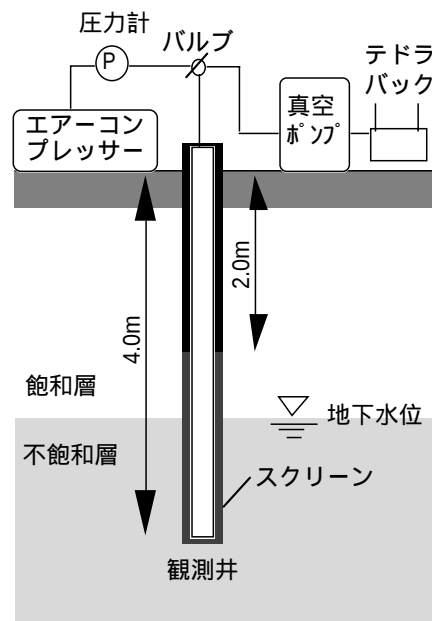


図-1 原位置呼吸テストの概略図

2. 原位置呼吸テスト

原位置呼吸テストは図-1に示した観測井を用いて実施した。汚染サイトはA重油で汚染された2.0～2.5mの不飽和層の砂層を対象とした。貧酸素状態の石油汚染土壌に空気を24時間圧入し、空気圧入停止後の土壌中の酸素濃度を定期的に検知管を用いて測定した。原位置呼吸テストは表-1に示した性状を示す3カ所の原地盤で実施した。土壌中の酸素の消費には、微生物が石油以外の有機物を分解することによる酸素消費や、鉱物による酸素消費の影響も考えられるため、非汚染土壌でも同様の試験を行った。空気圧入停止後の土壌中の酸素濃度の経時変化を図-2に示す。各油井とも土壌中の酸素濃度は測定時間に比例して減少した。高濃度の油分で汚染されたA1井での原地盤中での酸素消費速度は4.0%-O₂/dayであり、低濃度の油分で汚染されたA2井（0.42%-O₂/day）および非汚染のA3井（0.23%-O₂/day）と比較して高かった。

表-1 原位置呼吸テストを実施した観測井の汚染状況

観測井	A1	A2	A3
汚染油種	A重油	A重油	非油汚染
土質	シルト混じり砂	シルト	シルト混じり砂
地下水水位 (m)	2.60	2.50	2.55
地下水温度 (°C)	22	22	22
TPH* (mg/kg-soil)	4600	450	<50
全菌数 (cells/g)	3.3×10^8	5.1×10^8	5.3×10^8

*TPH (Total petroleum carbon) はCFC-316抽出IR法により測定²⁾

3. 酸素消費量と油分分解量の関係

原地盤での酸素消費量に対する油分分解量を推定するため、実汚染土壌を用いたカラム試験を実施した。カラム試験に使用する土壌は原位置呼吸テストで使用した観測井近傍の汚染土壌を使用した。2mm目のふるいを通した試料をカラムに密に充填し、20℃の恒温室内に設置後、10ml/minの定流速で空気を供給した。試験期間中の酸素消

キーワード：石油汚染土壌、バイオレメディエーション、原位置浄化工法、呼吸活性、油分モニタリング

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 生物学研究室

TEL: 045-814-7226 FAX: 045-814-7257 e-mail: yoh.takahata@sakura.taisei.co.jp

費速度の経時変化を図-3に示す。カラム試験での酸素消費速度は原位置呼吸テストの結果とほぼ一致し、A1井およびA2井で採取された汚染土壌の75日間の平均酸素消費速度はそれぞれ2.9%-O₂/day、0.7%-O₂/dayであった。また、A1井で採取された汚染土壌の75日目の酸素消費速度は20～60日目と比較して約1/4に減少した。一方、同一の土壌に窒素500mg/kg-soil、リン100mg/kg-soilを添加した場合、30日目以降の酸素消費速度は約15%-O₂/dayに向上し、75日目でも継続されることが確認された。したがって、汚染土壌の呼吸活性が低下した要因は、土壌中の窒素・リン等の栄養塩が不足したためと推測された。A1井およびA2井で採取された土壌の75日間の浄化後の油分分解量はそれぞれ1,100mg/kg-soil、260mg/kg-soilであった。したがって、A1井およびA2井で採取された土壌が酸素を1%消費することによる油分分解量はそれぞれ5.1mg/kg-soil/%-O₂、5.0mg/kg-soil/%-O₂とほぼ同様の値を示し、酸素消費量と油分分解量の相関が確認された。

4. 浄化サイトでの酸素消費速度の測定による油分モニタリング

汚染サイトに通気井を配置し、不飽和層の石油汚染土壌の原位置浄化試験を実施した。定期的に通気井を24時間停止させることにより酸素消費量を測定し、原地盤での油分浄化状況を観察した。約45,000mg/kg-soilの高濃度で汚染された地盤に設置されたE6井と、約1,000mg/kg-soilの低濃度で汚染された地盤に設置されたE7井の浄化期間中の酸素消費速度の経時変化を図-4に示す。原位置呼吸テストと同様、E6井では平均で約3.5%-O₂/dayの高い酸素消費速度が観測され、80日間での油分分解量は約1,400mg/kg-soilと推定された。一方、E7井の平均酸素消費速度は約0.42%-O₂/dayであり、80日間の油分分解量は約170mg/kg-soilと推定された。E6井での酸素消費速度は55日目までは漸増し、呼吸活性は高く維持されていたが、80日目の酸素消費速度はカラム試験と同様に急激に減少した。一方、E7井の酸素消費速度は80日間を通じてほぼ一定値で推移していることから、E6井で呼吸活性が減少した原因として、気温の低下等の物理的な要因による影響は少ないと推測された。

5. まとめ

- (1) 原位置呼吸テストにより、微生物呼吸活性は原地盤の石油汚染土壌の汚染濃度に大きく影響されることが示された。したがって、酸素消費速度の違いから観測井周辺の油分濃度を推定できる可能性が示唆された。
- (2) カラム試験により、酸素消費量と油分分解量には相関があることが示された。したがって、土壌中の酸素消費量と油分分解量の関係をあらかじめ把握することにより、原位置浄化工法での観測井を使用した定期的な油分モニタリングが可能と考えられた。
- (3) 高濃度の油分で汚染された土壌の酸素消費速度は一定の浄化期間後に急激に低下した。
- (4) 微生物活性の低下は、地中温度の増減等による物理的な影響は小さく、土壌中の栄養塩の不足が原因と考えられた。したがって、効率的な浄化を行うためには栄養塩の供給が必要と考えられた。

6. 参考文献

- 1)高畑ら、第55回土木学会年次学術講演会講演概要集、P140-141(2000)
- 2)大場ら、第55回土木学会年次学術講演会講演概要集、P330-331(2000)

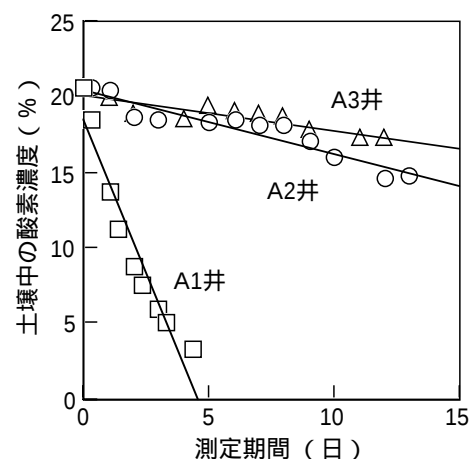


図-2 空気圧入停止後の原地盤中の酸素濃度の経時変化

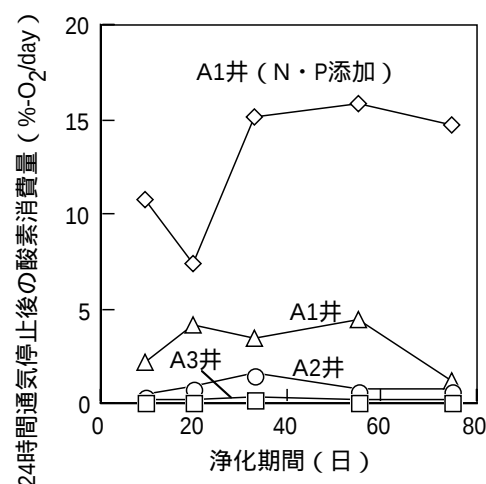


図-3 カラム試験における酸素消費速度の経時変化

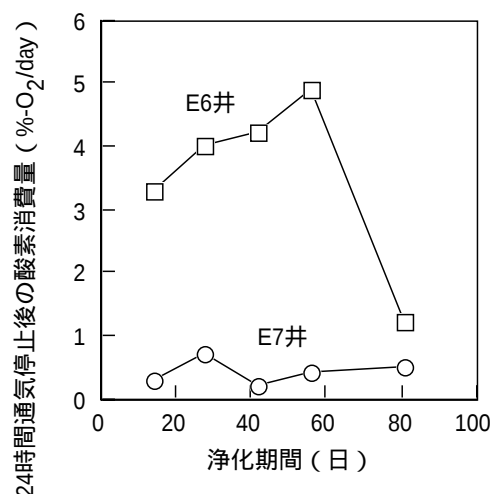


図-4 原位置浄化工事におけるE6、E7井の酸素消費速度の経時変化