

Sphingomonadaceae 科細菌による油汚染土壌のバイオレメディエーション

東洋建設(株)

横井 敦

東洋建設(株)

正会員 ○山崎 智弘

コスモエンジニアリング(株)

平野 伸一

コスモエンジニアリング(株)

水本 文隆

1. 目的

油汚染が確認された油槽所跡地の浄化工事をバイオレメディエーションにより施工した。本稿では、施工概要と油分解への関与が報告されている菌の同定とその活性度の傾向および効果について報告する。

2. 施工概要

油槽所跡地における事前調査の結果、4,200m² (10m×10m×42 箇所) の油汚染土壌が確認された。汚染深度はD.L.-1.0~-3.0m までであり、余掘を含めたD.L.-1.5~-3.5m までを浄化対象土壌とした。浄化工事の施工手順を図-1 に示す。トリータビリティ試験の結果より、現地浄化工事での栄養塩の添加量は、重量比において土壌中の油分濃度 100 に対して窒素 5, リン 0.5 の割合とした。表層土壌調査では、表層 50cm 厚は非汚染土壌(施設撤去時の盛土)であることを確認し、表層土壌を浄化対象から除外した。そのため浄化対象土量は 6,740m³であった。汚染土壌は、掘削・運搬し、栄養塩として輸入尿素(窒素含有量 46%, JA グループ愛知)および過燐酸石灰(リン含有量 17%, 全農)を水道水に溶解させて添加・混合し(写真-1 参照)、パイルを造成した(写真-2 および写真-3 参照)。パイルの切り返しおよび散水は土中に存在する微生物に酸素と水を供給するために週1回の頻度で実施した。浄化が完了した土壌は掘削跡に埋め戻し、整地した。

浄化の進捗確認は、ひとつのパイルを①~⑤に 5 分割して管理した。管理項目および測定方法は、油臭(約 25℃で 30 分放置後に測定¹⁾)、油膜(シャーレ法¹⁾)、油分濃度(ノルマルヘキサン抽出法¹⁾)、ATP(微生物活性度を示す指標、蛍光発色法)、含水比(赤外線水分計 FD-600, (株)ケット科学研究所製)、土中温度(熱伝対法、デジタルひずみ測定器 TC-31K, (株)東京測器研究所製)とした。また、ATPの値が高い時期に汚染土壌を採取し、微生物の同定(DNA 抽出・PCR-DGGE 解析・塩基配列解析, (株)テクノスルガ・ラボ)を実施した。

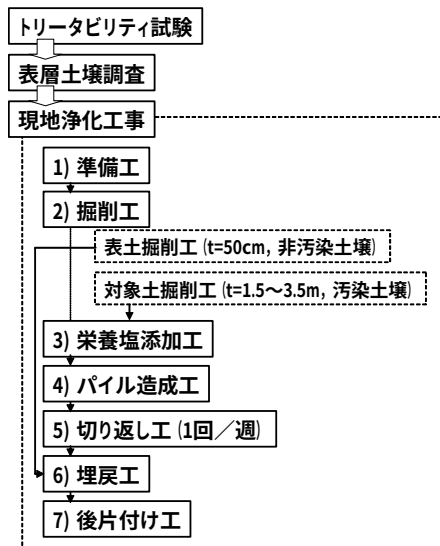


図-1 施工順序



写真-1 栄養塩添加状況

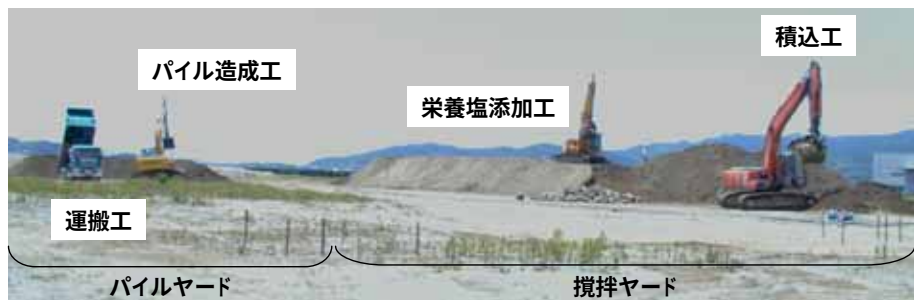


写真-2 パイル造成状況



写真-3 パイル造成完了

キーワード 油汚染土壌, バイオレメディエーション, トリータビリティ試験, ランドファーミング

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 1-17-13

東洋建設(株)名古屋支店土木部 TEL052-221-7303

3. 品質管理結果

微生物の同定における PCR-DGGE 解析の結果を写真-4 に示す。油汚染土壌には同敷地内の非汚染土壌と比較して明らかに異なる微生物種が存在した。塩基配列解析の結果、油汚染土壌中に石油分解海洋細菌として報告²⁾されている菌 (*Sphingomonadaceae* 科 *Sphingopyxis* sp. 近縁種、写真-2 中の記号 f) の存在を確認した。

測定結果の一例として、パイル中の ATP の経時変化を図-2 に示す。パイル 2 においては栄養塩添加直後 (0 週) から数週間にわたり ATP の値が上昇し、その後減少する傾向があり、トリータビリティ試験と同様の傾向であった。

微生物の活動に必要な含水比の範囲は 15~40%³⁾ であるが、切り返し工を行うバックホウがパイル天端にて作業を行うため、必要以上に含水比を上昇させることができず、含水比は 15% 程度を目標に管理した。また土中温度は施工期間を通じて 23~32℃ であり、一日内での変動は概ね ±1℃ であった。

浄化期間中の油分濃度の経時変化を図-3 に示す。初期の油分濃度は数点において浄化基準 (1,000mg/kg) を超過しているものの、2 週間後以降は浄化基準未滿で推移した。また油臭・油膜については、油分濃度が浄化基準未滿の場合でも確認された。そのためパイル 1 は栄養塩添加後 4 週間の切り返し・養生期間で、パイル 2 は同 8 週間で浄化が完了した。

4. 考察

栄養塩添加後から数週間における ATP の値の上昇は、栄養塩の供給および切り返し・散水により微生物が活性化していることを示唆している。数週間後以降の ATP の値の減少は、栄養塩添加の効果が低下したことが推測される。また、比較的汚染度の高い土壌を含んだパイル 2 がパイル 1 より ATP の値が大きく、油汚染土壌に生息する特有の微生物 (例えば前出の *Sphingomonadaceae* 科細菌) の活性度が大きく、これらの影響が一因となって浄化が進捗したことを示唆している。

5. まとめ

本工事では、油汚染土壌の浄化工法としてバイオレメディエーションを採用した。微生物種の同定により、油分解への関与が報告されているバクテリアの存在を確認し、またトリータビリティ試験において沸点の高い油種 (レジ分やアスファルテン分) の油分濃度の減少が確認できたため、バイオレメディエーションとしての工法が成り立つことを確認した。また、浄化対象土壌は主に砂質土であり、油分濃度は一部 6,000~8,200mg/kg の箇所が存在したが、全体的には 1,000mg/kg 前後であったため、バイオレメディエーションによる効果が十分発揮できた。

参考文献

- 1) (社)土壌環境センター編：環境省の油汚染対策ガイドライン，化学工業日報社，p.205，2006。
- 2) 兒玉裕美子，渡辺一哉：新規石油分解海洋細菌の単離と諸性質，日本微生物生態学会第 22 回大会，PA-05，2006。
- 3) John. T. Cookson Jr.：バイオレメディエーションエンジニアリング～設計と応用～，(株)エヌ・ティー・エス，p.505，1997。

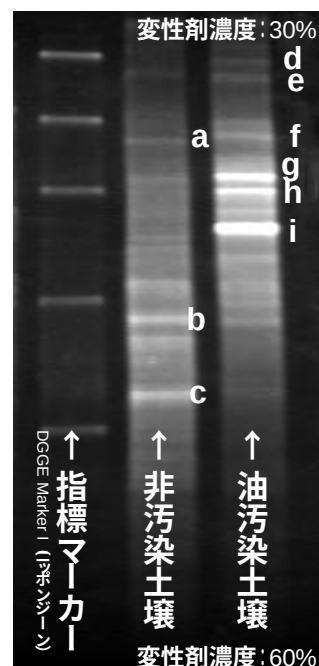


写真-4 PCR-DGGE法による電気泳動像

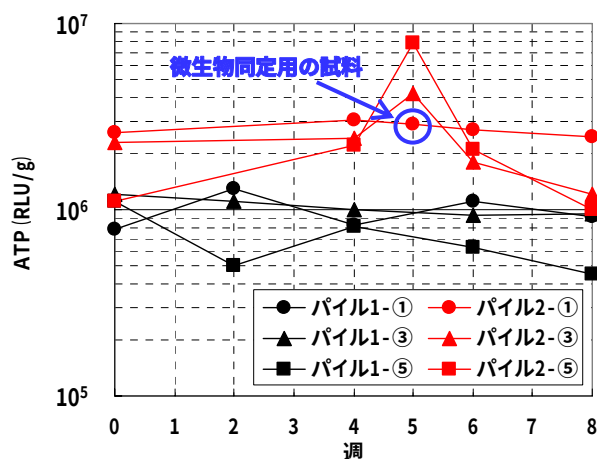


図-2 ATPの経時変化 (パイル1および2)

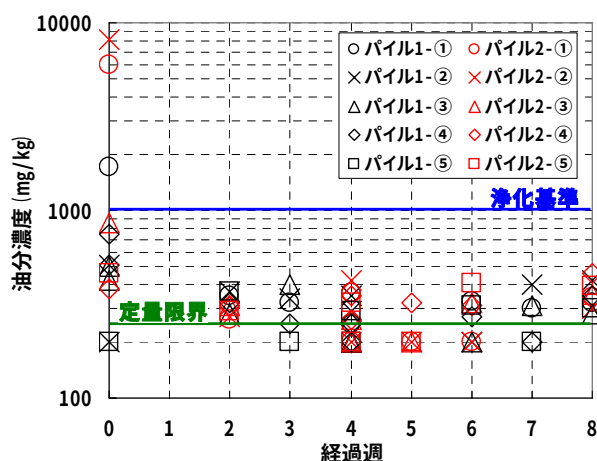


図-3 油分濃度の経時変化 (パイル1および2)