

バイオパイル工法による油汚染土壌浄化工事の呼吸商測定を用いる浄化終了判定

大成建設株式会社 正会員 ○太田 綾子
 大成建設株式会社 正会員 高畑 陽
 大成建設株式会社 正会員 島田 曜輔

1. はじめに

油汚染土壌の浄化方法として、土壌に栄養塩と空気を供給することにより土壌中に生息する油分解菌を活性化させ、油(炭化水素化合物)を水と二酸化炭素に分解するバイオレメディエーションが多く用いられている。バイオパイル法は、掘削した油汚染土壌に栄養塩を添加して混合し、一定間隔に設置した通気管上に盛土(パイル)を形成して強制的に土壌に空気を供給して微生物分解を促進する方法で、掘削した油汚染土壌のバイオレメディエーションを行う場合の代表的な浄化技術である。2006年に制定された油汚染対策ガイドラインでは、鉱物油含有土壌の浄化工事を行う場合の目標値を設定せず、油臭および油膜を除去することを求めている。油汚染土壌のバイオレメディエーション工事にでは、油膜については比較的容易に除去できるが、人の嗅覚で判定する臭気は個人差が大きく、油膜が無くなっても油臭は無くならない場合も多い。特に軽質油は低濃度でも油臭の原因となるため、浄化が進行して油分濃度は定量下限値以下となった場合でも油臭が残存し、浄化期間が延長した事例も報告されている。

本報では、軽質油を対象としたバイオパイル法による油汚染土壌の浄化工事において、浄化期間中の呼吸商と臭気強度について詳細に測定し、呼吸商の結果を浄化終了判定の指標として用いる可能性について検討した結果について報告する。

2. 浄化対象土の性状

本工事は、製油所における油汚染土壌の浄化工事であり、汚染土量は約9,000m³、浄化対象物質はベンゼンおよび油であった。浄化目標を表-1に、現地にて採取した汚染土壌の初期性状を表-2に示す。油分濃度

(GC-FID法)は580mg/kgであり、油分の69%が炭素数C6-12の軽質油であった。土壌からはヘビーナフサに起因すると思われる油臭が感じられ、油膜も観察された。pHは中性域であり、その他の分析結果から微生物活性を阻害する要因は見られなかった。粒度は均質な砂で、十分な透気係数が得られる土質であった。

3. バイオパイルによる油汚染土壌の施工方法

バイオパイルを形成するため、現地にて約10,000m²の土壌浄化ヤードを造成した。浄化ヤードには敷地地盤面に二次汚染防止のブルーシートを敷設し、浄化に必要な空気を吸引するための通気配管をブルーシート上に設置した。土壌への通気は吸引式とし、吸引ブロワを設置後、通気配管から空気を吸引した。吸引したガスは、活性炭吸着塔によって油臭を除去した後、大気放散した。栄養塩を散布した汚染土を浄化ヤードに運搬し、通気配管上に約3,000m³の盛土3体(パイルⅠ、Ⅱ、Ⅲ)を造成した(盛土高さ:約1.8m)。栄養塩は、窒素、リンおよび有機物資材を浄化促進剤とし、臭気抑制のための添加剤を併せて散布した。盛土造成後は、1回/週の頻度でバックホウを用いて土壌撈拌を行った。

表-1 浄化目標

ベンゼン土壌溶出量	0.01mg/L以下
油分濃度	300mg/kg以下(TPH)
油臭	臭気強度1以下
油膜	生じない

表-2 土壌性状一覧

油分濃度 (mg/kg)	C6-C12	400
	C12-C28	150
	C28-C44	30
	C6-C44	580
BTEx溶出量 (mg/L)	ベンゼン	0.142
	トルエン	<0.001
	エチルベンゼン	<0.001
	m,p-キシレン	2.509
	o-キシレン	0.94
油臭		あり
油膜		あり
含水率(%)		9.7
pH		6.6
全菌数(cells/g)		2.7×10 ⁸
窒素溶出量(mg/L)		<0.001
りん溶出量(mg/L)		<0.001

キーワード 土壌浄化, 油汚染, バイオレメディエーション, バイオパイル

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7217

4. モニタリング方法

浄化の進捗状況を把握するため、定期的にパイルⅠ，Ⅱ，Ⅲの土壌を採取し油分濃度，ベンゼン溶出量，油臭・油膜等について測定した．油臭については油汚染対策ガイドラインに準じて6段階で評価した．同時に微生物の活性状況を把握するため，土壌ガスの酸素濃度および温度について，モニタリングした．土壌ガスモニタリング時には，浄化運転を一時的に停止した後，0，1，6，24時間後の土壌ガスについて分析を実施し，空気の供給が停止した状態での経時変化を把握した．土壌および土壌ガスのモニタリング位置は，図-1 に示すように一つのパイルにつき12地点(①～⑫)とし，パイルの上面から鉛直方向に1mの深度で実施した．

5. モニタリング結果

各パイルのモニタリング結果について，12地点の平均値を図-2 に示す．パイルⅠ，Ⅱ，Ⅲともに，浄化運転開始から40日以降は油分濃度が定量下限値(80mg/kg)未満となったものの，油臭がほぼ感じられなくなるまでには100日程度の浄化運転期間を要した．なお，油膜については臭気強度が2以下になると，ほとんど観察されなかった．土壌のベンゼン溶出量は，浄化期間を通じて定量下限値未満であった．定量下限値以上の油分濃度が検出された浄化開始から30日以内には，土壌ガスの一日当たりの酸素消費量が100mg/L/日以上となっており，微生物の活性が非常に高くなっていたことがわかる．その後，油分濃度の減少とともに微生物活性は緩やかに低下した．土壌ガスの温度については，微生物の増殖熱により外気温より高くなることが予想されたが，外気温との大きな差はみられなかった．

臭気強度と土壌ガスの酸素消費量の関係から，臭気強度が減少するにつれ酸素消費量も減少し，これらの値には高い相関がみられることが示された．本事例の油分濃度の分析に用いたGC-FID法では検出されにくい軽質油を主体とした残油分が油臭の原因であり，浄化開始から40日以降には，微生物による緩やかな分解が進行したものと考えられた．本工事では，概ね酸素消費量が40mg/L/日以下になった場合は臭気強度が1以下となり，浄化目標を達成していると考えられた．

6. まとめ

バイオパイル法による油汚染土壌の浄化工事事例において，油分濃度では浄化終了判定が難しい場合に，呼吸商の結果を用いて油臭に対応した浄化判定を定量的に実施できる可能性について確認できた．今後，油種が異なるバイオパイル工法について，同様の浄化工事の現場管理手法が可能であるか検討していく予定である．

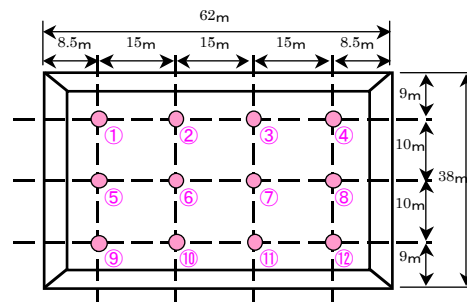


図-1 土壌モニタリング位置

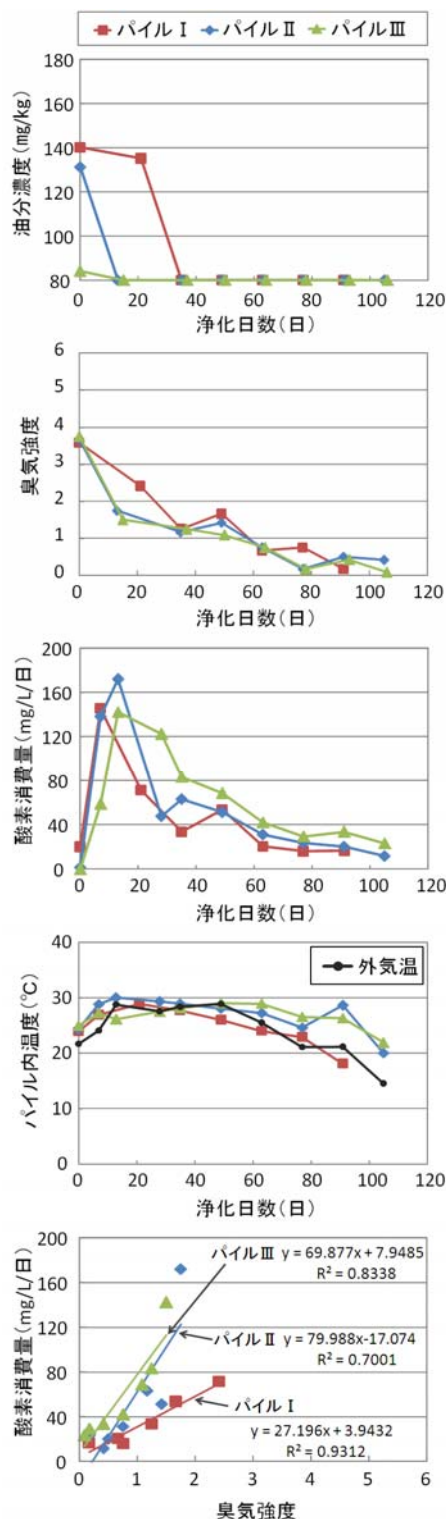


図-2 モニタリング結果