

不飽和層の油汚染に対する原位置浄化

鴻池組 正会員 ○田中 宏幸
 鴻池組 吉浪 賢史
 鴻池組 松久 裕之

1. はじめに

不飽和層に存在する油分に対しては、地上に及ぶ揮発成分や鉛直方向への移動可能性の程度から、対策が必要となることがある。その方法としては掘削除去と原位置浄化に分類されるが、地上の土地利用の制約や高濃度ではない場合には、原位置浄化が合理的と考えられる。具体的な方法としてはガス吸引あるいはバイオベンティングをあげることができるが、軽質成分以上の有機物質も低減可能な後者の処理能力が高い。しかし、地上利用の制約から適切な施工場所が確保できない場合、不確実性が高くなるという弱点から不本意な結果となっている事例もあると推定される。本報では、室内試験結果と実施工の事例から検討した浄化効果を紹介する。

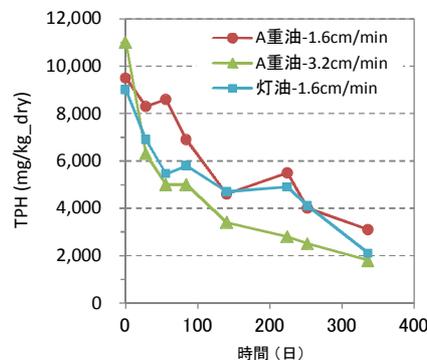


図1 土壌カラムにおけるTPH

2. 室内試験

2.1 試験方法

試験対象土は、8号珪砂を用いてA重油が10,000 mg/kg程度となるように混合した模擬汚染土と、施工場所で採取した灯油による汚染土とした。試験装置には、断面積78.5 cm²、高さ60 cmの樹脂製容器に事前に栄養塩を混合したうえで汚染土を充填し、20℃の暗所に静置させた土壌カラムを使用した。この土壌カラムに、線速度で凡そ1.6 cm/minあるいは3.2 cm/minとなるように上向流で空気を通気した。

処理の効果を確認するために、定期的に容器内の3層から土壌を採取し混合した検体に対して、全石油系炭化水素(Total Petroleum Hydrocarbon, 以降TPH)及び油臭(いずれも油汚染対策ガイドライン)の分析を行った。またこの際に、含水率の低下が認められた場合には適切な含水状態となるよう加水を行った。

2.2 試験結果と考察

TPHは、処理前に10,000 mg/kg前後の状態から徐々に低減し、336日後にはA重油のカラムについては流速1.6 cm/min(間隙0.4の対象範囲の間隙(Pore Volume, 以降PV)を37.5 minで交換)で67%、3.2 cm/min(対象範囲のPVを18.75 minで交換)で83%、灯油のカラムでは流速1.6 cm/minで76%が除去された。A重油では通気量の大きいほうが除去率は高かったが、A重油と灯油では同程度であった(図1)。ちなみに、この低減の傾向は、I.-G. Byunら¹⁾による軽油汚染土壌を対象にした試験結果と比較すると1/3程度の浄化速度という結果であった。また、炭素数による低減傾向としては、C₆₋₁₂が処理前のA重油で7%前後、灯油で4%であったが、336日後には1.6 cm/minのA重油で1%であったが、それ以外では検出されなくなった(図2)。

油臭は、処理前にいずれでも臭気強度4であったが経時的に低減し、336日後には1.6 cm/minのA重油と灯油で2、3.2 cm/minのA重油では1となった(図3)。

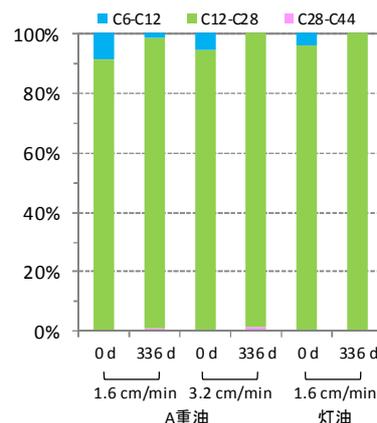


図2 土壌カラムにおけるTPH画分率

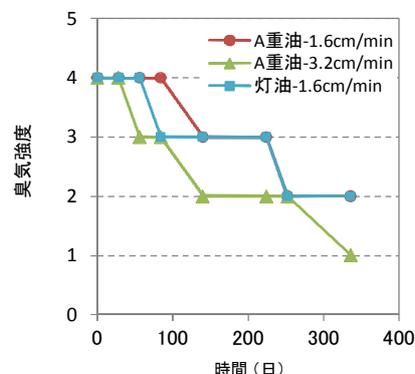


図3 土壌カラムにおける油臭

【キーワード】 土壌汚染 油汚染 不飽和層 バイオレメディエーション バイオベンティング
 【連絡先】 〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1 本町南ガーデンシティ
 ㈱鴻池組 環境エンジニアリング部 tel.06-6245-6589 tanaka_hy@konoike.co.jp

3. 実施工

3.1 施工方法

現地の地盤は GL-10 m 程度の岩盤層まで地下水が出現せず、年間を通じて不飽和となっていると推定された。原位置浄化の施工前に灯油による汚染源部分 (GL-3 m 以浅) を掘削しており、汚染の範囲 (面積 45 m²、平均深度 5.7 m) に栄養塩供給井戸 (二重管ダブルパッカー工法、φ 40 mm、L=4~10 m) 21 本、土壌ガス吸引井戸 (φ 50 mm) 2 本、空気供給井戸 (φ 50 mm) 13 本を配置して、栄養塩を供給したうえで通気を行い、土壌に生息する油分解微生物の促進をはかった (図 4, 5)。このとき、地表面は舗装した状態で、空気供給は 6 L/min/well 程度 (間隙 0.4 とした場合、21.5 h/PV で交換) で連続的に実施した。栄養塩の供給は開始前と 6 箇月目の 2 回行った。

分析は、開始前、5 箇月後、12 箇月後のボーリングによる深度毎の土壌の TPH、油膜油臭、ベンゼン、菌数 (灯油を C 源とした平板希釈法)、2 回/月での土壌ガスの CO₂、ベンゼン、油臭及び温度を実施した。

なお、浄化目標は油臭 1 と設定した。

3.2 施工結果と考察

土壌の TPH は、処理前で最大値 16,600 mg/kg、中央値 5,100 mg/kg、最小値 100 mg/kg (=定量下限値未満) で、5 箇月後には最大値 12,000 mg/kg、中央値 2,700 mg/kg、最小値 100 mg/kg、12 箇月後には最大値 5,500 mg/kg、中央値 1,000 mg/kg、最小値 100 mg/kg となり、中央値における低減率は 80% であった (図 6)。各回の油分濃度は 2 桁前後の分布幅を示していた。

油臭は処理前が最大値 3、中央値 1、最小値 0 で、5 箇月後には最大値 3、中央値 0、最小値 0、12 箇月後には最大値 1、中央値 0、最小値 0 と変化した。処理の前後で、最大値で 2 段階、75% 値では 0.7 段階 (1→0.3) 低減し、浄化目標値を満足した (図 7)。

ベンゼンについては処理前の土壌溶出値が最大で 0.005 mg/L であったために、以降の分析は実施していない。また、菌数は処理前の 10³ cells/g から 10⁵ cells/g の水準に増加した。

吸引した土壌ガス中の温度は夏季の 30℃ から冬季には 5℃ と推移したが、湿度は 80% 程度で大きな変動はなかった。CO₂ は処理前には 0.04% であったが、浄化期間中は最大 1%、平均 0.44% が検出された。ガス中のベンゼンと油臭はともに確認されなかった。

実施工では、吸引土壌ガスの平均温度は 17℃、通気速度についても室内試験の条件と比較して劣るものであったが、TPH における低減効果は同程度の結果であった。ただし、土壌ガス吸引の流量は正確には把握していないものの空気供給の流量を上回る水準と推定されるため、実際には 21.5 h/PV よりも高い通気速度で処理された可能性がある。

参考文献

1) Im-Gyu Byun *et al.*, "Monitoring of Bioventing Process for Diesel-Contaminated Soil by Dehydrogenase Activity, Microbial Counts and the Ratio of *n*-Alkane/Isoprenoid", *Korean J. Chem. Eng.*, 22 (6), 917-921 (2005).

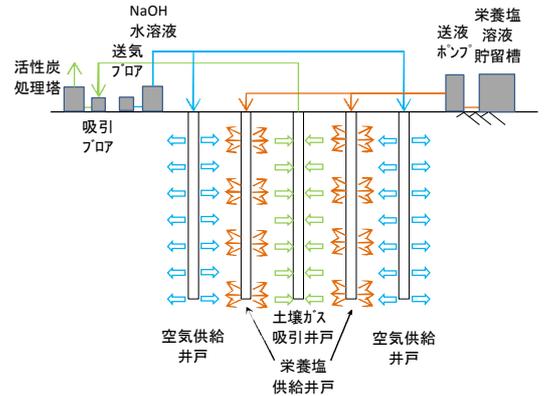


図 4 施工概念図

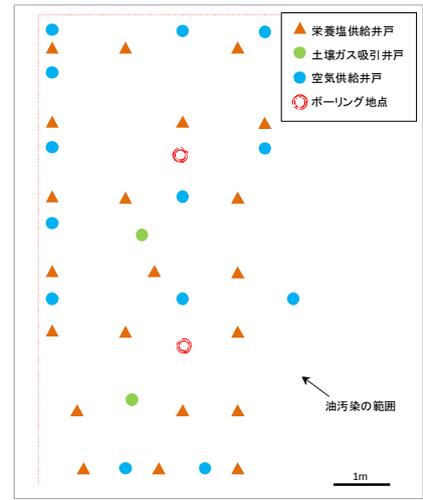


図 5 井戸配置図

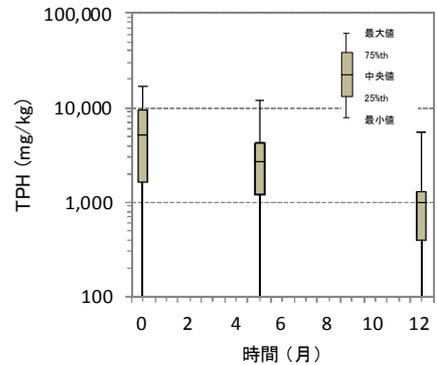


図 6 実施工における TPH

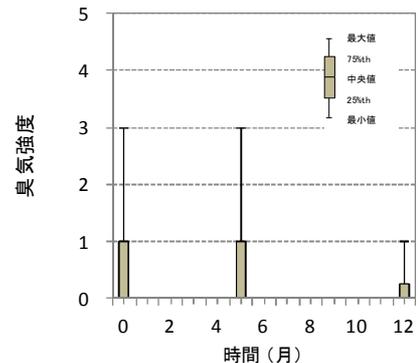


図 7 実施工における油臭