

重質油汚染土壌に対するフェントン処理における油臭低減効果の検討

鴻池組(筑波大学) 学 ○田中宏幸 鴻池組 岡 彰紀
 NEXCO 東日本 木曾伸一 NEXCO 東日本 佐藤健太

1. はじめに

油汚染土壌の対策では、汚染物質の成分、土質・コスト・工期等の施工条件、問題となる事象と対策目標値によって、多様な方法が採られている。それらの方法には現地の条件に影響を受け易いものも少なくないが、原位置フェントン処理工法もそのひとつである。フェントン処理は、酸性の二価鉄(Fe²⁺)存在下で過酸化水素(H₂O₂)から発生するヒドロキシルラジカル(・OH)の酸化力を利用した化学的分解法である。本稿では、重質油を対象に油臭とベンゼンの除去を目的として実施した施工結果から、本処理法の浄化効果について検討したので報告する。

2. 室内試験

2.1 試験方法

本工法の適用性を評価するために、事前に室内カラム試験を実施した(図1)。カラムに充填した土壌には、全石油系炭化水素(TPH)として凡そ100、500、2,000、10,000 mg/kgとなるように、8号硅砂での希釈した実汚染土壌(シルト混じり砂質土)を使用した。これらの土壌に対して、まず、所定のH₂O₂の20% mol当量の硫酸第一鉄・七水和物(FeSO₄・7H₂O)を含む溶液で満たし飽和層地盤を再現し、その後、クエン酸でpH 6程度に調製した7% H₂O₂を、充填土壌の間隙量(PV)の1回分となるように上面から供給した。土壌の飽和状態を一晩維持させた後に排水し、採取した土壌を分析に供した。

2.2 結果と考察

カラム試験により、油臭は、TPH 500 mg/kg以下の条件で低減した(図2)。ベンゼン・トルエン・キシレン(BTX)の溶出値も、TPH 500 mg/kg以下の条件で低減傾向が確認できた(図3)。TPHも、油臭あるいはBTXと同様の低減傾向を示した(図4)。TPH 10,000 mg/kgのケースでも、ガソリン留

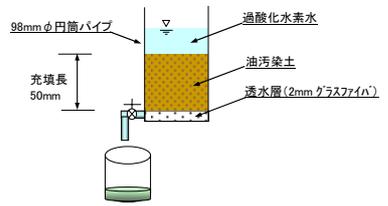


図1 室内試験装置

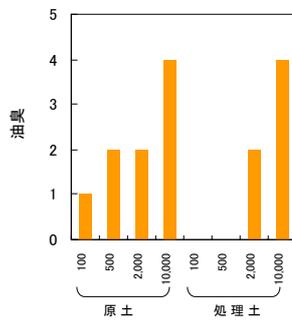


図2 室内試験における油臭

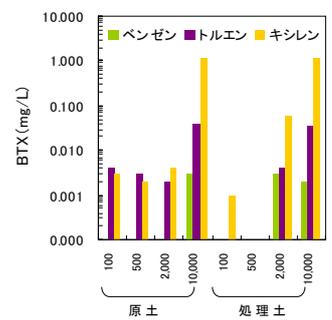


図3 室内試験における BTX 溶出値

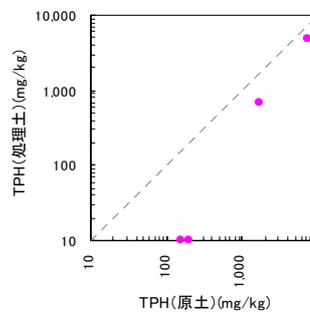


図4 室内試験における TPH

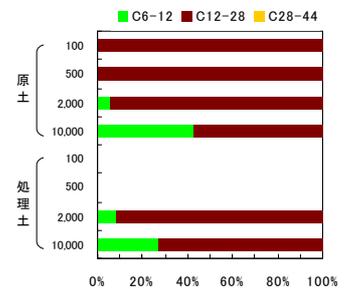


図5 室内試験における TPH 成分構成

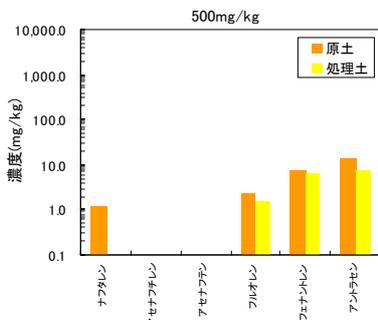


図6 室内試験における PAH

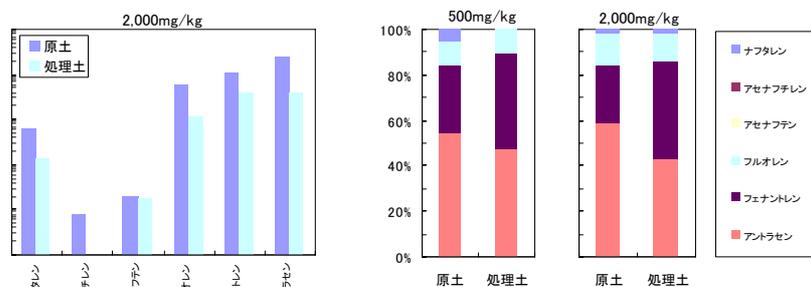


図7 室内試験における PAH 成分構成

【キーワード】 土壌汚染 重質油 原位置浄化 フェントン
 【連絡先】 大阪市北区梅田 3-4-5 毎日インテシオ (株)鴻池組 大阪本店 土木技術部 tel.06-6343-3154

分 (C₆₋₁₂) の構成比率が処理によって低下しており、軽質成分に関する分解の進行が示されている。

それぞれの分析項目の低減傾向と油汚染の濃度条件との間には、大まかには関係性を見いだせるといえる、本工法の実施工における適用範囲は、油臭 2、TPH 500 mg/kg を上限とすることとした。

さらに、多環芳香族有機化合物(PAH)の分析結果 (図 6)、あるいは、PAH の成分構成 (図 7) からは、500 mg/kg ケースでは、ナフタレン、フルオレン、アントラセンが低減しているものの、フェナントレン等の他の物質の変化は確認できなかった。2,000 mg/kg ケースでは、ナフタレンの顕著な低減は認められなかった。この室内試験の PAH のデータから、当サイトの汚染に関しては、ナフタレンやフェナントレンが油臭の主成分と考えられる。

3. 実施工

3.1 施工方法

実施工は、最大で GL-16 m までの汚染深度にストレーナーを設置した井戸から、薬液を滞水層に注入して行った。なお、薬液は井戸の影響範囲の 1 PV を 4 回に等分して間欠的に供給した。注入井戸は、3,700 m² の範囲に 2.5 m 間隔で設置した。処理後の土壌の採取は、2つの井戸の中間地点におけるボーリングにより実施した。

3.2 結果と考察

現地汚染土壌におけるデータからは、TPH と油臭の厳密な相関性は見出せなかった (図 8)。TPH が定量下限値未満でも、強い油臭の検出される土壌が存在していた。図 9 は、油臭の変化として代表的な結果を示しているが、このように、浄化目標値；油臭 1 を、計画量の H₂O₂ を供給する前に達成するケースも多かった。

また、ベンゼンの溶出量でも、処理後ではいずれでも低減しており環境基準値 0.01 mg/L 未満を満足していた (図 10)。

さて、図 8 から、油臭 2 となるような汚染レベルは TPH としては ND~7,000 mg/kg であることが判るが、さらに、油臭の原因となるナフタレン等の 2~3 環の PAH の揮発性や臭いの強さの違いを考慮し、ナフタレンやフェナントレンを油臭負荷量という指標を用いて評価すると図 11 のようになる。また、今回、室内試験の対象とした油臭 2 の油汚染土壌に関して、図 6 の PAH 濃度により算出すると、処理前の油臭負荷量は 12 Torr・ppm⁻¹・mg・kg⁻¹ で、フェントン処理によって油臭が 1 未満に軽減したことに伴い、油臭負荷量は 0.9 Torr・ppm⁻¹・mg・kg⁻¹ に変化することが判った。

4. まとめ

ナフタレン等を多く含む重質油汚染土壌を対象としたフェントン処理の検討結果を、以下のようにまとめることができる。

- ① 室内カラム試験では、TPH で 500 mg/kg 以下を対象とした場合に、油臭、BTX について低減効果が顕著であった。
- ② 実施工においても、油臭 2 の汚染土壌に対しては油臭 1 以下に低減した。ベンゼンが検出された範囲についても、処理によって環境基準の土壌溶出値 0.01 mg/L 未満に低減した。
- ③ H₂O₂ を 1 PV 供給した場合、ナフタレンとフェナントレンとしての油臭負荷量が 10 Torr・ppm⁻¹・mg・kg⁻¹ 程度を適用範囲とすることで、油臭を 1 まで軽減させることができる。

参考文献

- 1) Massachusetts Department of Environmental Protection (1994) : BACKGROUND DOCUMENTATION FOR THE DEVELOPMENT OF THE MCP NUMERICAL STANDARDS , <http://www.mass.gov/dep/service/compliance/riskasmt.htm>

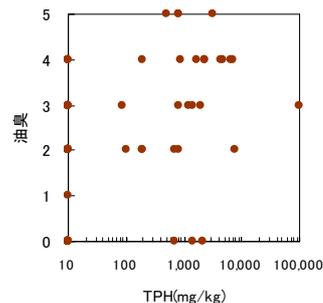


図 8 現地の油分に関する TPH と油臭の関係

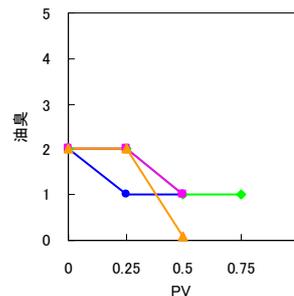


図 9 実施工における油臭

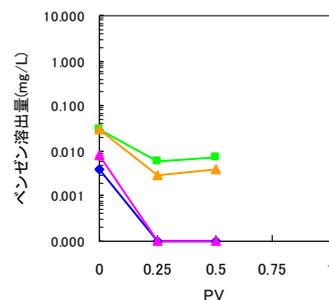


図 10 実施工におけるベンゼン溶出量 (図 9 地点と同じ)

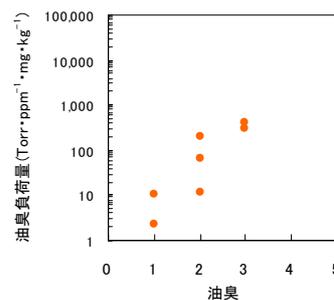


図 11 現地の油分に関する油臭と油臭負荷量の関係

$$\text{油臭負荷量} = \sum_{n=1}^N (\text{Odor Index}_n \times C_n)$$

ここで、化学物質 n に関して、
 Odor Index_n = 飽和蒸気圧_n / 嗅覚閾値_n¹⁾
 C_n : 汚染濃度