

バイオパイルによる油汚染土壌の油分濃度低減実験

株式会社熊谷組 正会員○村上 順也, 門倉 伸行, 佐々木静郎, 土路生修三
立命館大学 久保 幹, 松宮 芳樹

1. はじめに

油汚染土壌の浄化対策として、環境負荷低減面などからバイオレメディエーションが注目されている。本技術は微生物による分解を利用する手法であるため、室内実験で再現し得ない温度等の諸条件が実条件に近い屋外実験で油分濃度等の挙動を把握することが重要となる。本報では掘削した油汚染土壌の浄化を想定し、地上で汚染土に栄養塩類や分解菌を添加し、堆積し、通気することで油の分解処理を促すいわゆるバイオパイルの手法により重油汚染土の油分濃度低減効果を検討した。実験条件は分解菌添加の有無並びに浄化の促進を期待した光照射の有無とした。測定項目は油分濃度の他、微生物数、含水率、油分組成、温度とした。

2. 実験方法

実験期間は平成20年2月から平成21年8月までの6か月間とした。重油の実汚染土壌（汚染濃度：23,000 mg/kg）を山砂で希釈して実験に供した（希釈後汚染濃度：3,700-4,000 mg/kg-dry soil）。実験条件は表1に示す通りである。図1に概要図を示す。

実験手順は次の通りである。系列毎に汚染土に栄養塩類や油分解菌を添加し混練装置で均一に攪拌し、コンクリート台座上にパイルを作成した（土量 0.9 m³；底面 1.2 m×2.5 m、高さ 0.5 m）。パイル内部には酸素供給のため通気管を敷設しプロアにより吸引通気（風量 330 L/min で連続運転）した。光照射の系列には発光ダイオード（LED）照射装置をパイルに挿入し、実験開始後13日目から照射を開始した（以降連続照射）。パイル全体をテントで覆い、風雨の影響を抑制した。適宜散水を行い、1～4週に1回の割合で各パイルから土壌を採取し、油分濃度（IR法）、総微生物数（環境DNA法）²⁾、含水率及び油分組成（TLC-FID法）を分析した。実験開始から116日後にCASE 2～4に菌液を追加投与した。実験終了まで再攪拌は行わなかった。

3. 結果及び考察

図2に冬季と夏季の代表的な土壌温度の推移を示す。冬季は5℃まで低下した日があり、夏季は40℃近くまで上昇する日があった。中間期は概ねこれらの間の温度で推移していた。実験期間を通じてCASE 4の日中の最高気温は他の3系列と比べてやや高い傾向を示し、他の3系列は似た温度推移を示した。

図3に系列毎の分析結果を示す。全系列とも32日目（3月18日）頃までの初期には油分濃度低下が小さかった。これは初期には低いときで土壌温度5℃にまで達しており、冬季の低温が微生物の活性に影響を与えた可能性が考えられる。その後、飽和分と芳香族分を中心に次第に濃度が低下し116日目（6月10日）には約7割減の1,000 mg/kg-dry soil 近くまで低減した。スティミュレーション（CASE 1）の総微生物数が、4～6月の油分濃度の減少とともに増加して

表1 バイオパイル実験条件

実験系列	栄養塩類※1	菌体投与※2	光照射※3
CASE 1	有り	無し	無し
CASE 2		有り	有り
CASE 3			
CASE 4			
			940 nm 770 nm

※1 栄養塩類溶液(4倍濃縮改変SW培地)を土壌に対し5%添加¹⁾

※2 油分解菌 *Rhodococcus* sp. NDKK6株を10¹⁰ cells/mLに培養した菌体溶液を土壌に対し1%添加¹⁾

※3 広角チップ型発光ダイオード(LED)を両面実装した基盤をアクリルパイプ(L:0.5 m, OD:φ12.5 mm)へ内蔵しウレタン樹脂で封止した特製モジュールを1条件あたり14本挿入し照射強度20%で使用

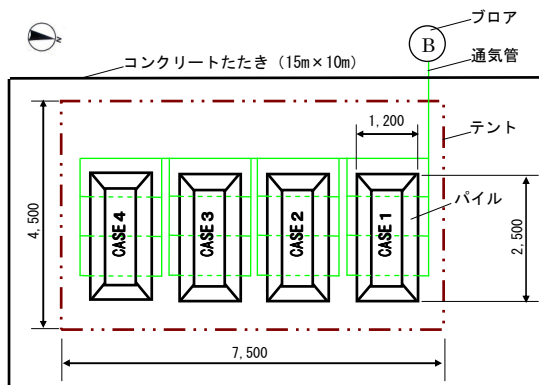


図1 実験概要図

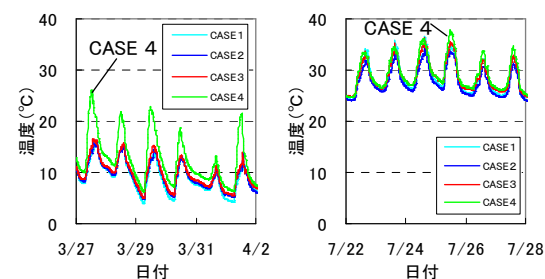


図2 土壌温度

キーワード：油、汚染土壌、バイオレメディエーション、バイオパイル、菌、光

連絡先：〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 (株)熊谷組 技術研究所 TEL 029-847-7501

いることから、供試汚染土には土着の微生物により分解可能な成分が多く含まれており、そのためにオーグメンテーション (CASE 2~4) の濃度低減量と大差がなかった可能性が考えられる。

菌液を追加投入した直後 (117 日目) の総微生物数は $4\sim6\times10^8$ cells/g-soil に増加したが、全系列とも油分濃度の大きな低減はみられなかった。これは残存成分が主にレジン分であり難分解性の成分が残ったためと推測される。

含水率については CASE 1~3 が概ね 10~14% で推移したのに対し、CASE 4 は 5 月以降夏季に 10% 以下で推移した。これは CASE 4 の土壌温度は他系列と比べやや高温で推移しており、最も南に位置していたために直射日光の影響を受け水分蒸発が促進されたことによるものと考えられる。

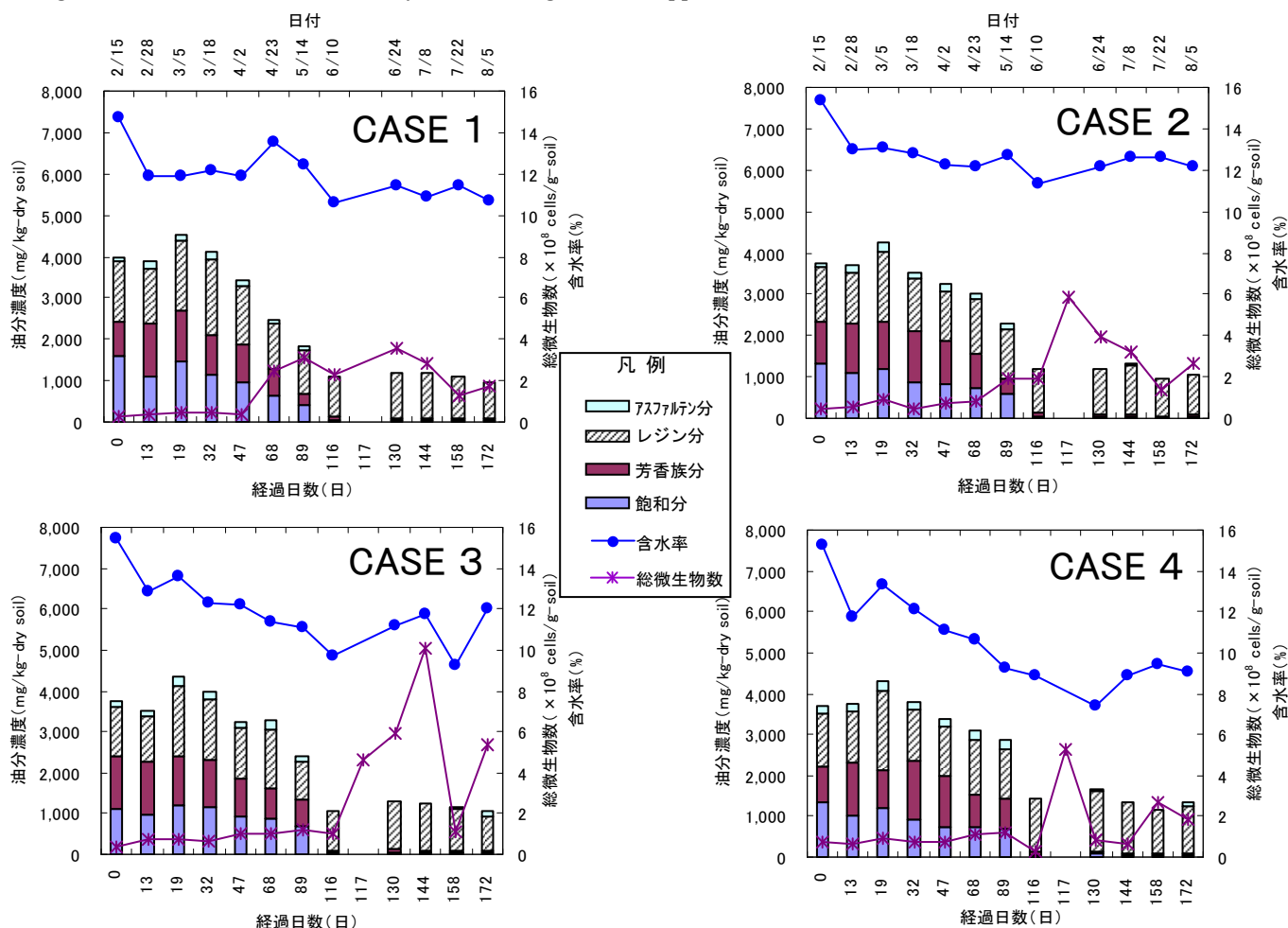
940 nm 照射 (CASE 3) の 144 日目と 172 日目の総微生物数は、光照射なし (CASE 2) のそれと比べてやや大きな値を示した。両者とも含水率は 12% と同程度であるので、この違いは 940 nm 照射の効果である可能性がある。一方、770 nm 照射 (CASE 4) については、他系列より含水率が低かったために総微生物数が減ってしまった可能性があり、照射の効果について CASE 2 や 3 と単純比較はできなかった。

4. まとめ

重油汚染土のバイオパイル実験を行い、4 か月で油分濃度が約 7 割低減し 1,000 mg/kg-dry soil 程度となった。飽和分と芳香族分の低減とレジン分の残存を確認した。濃度低減に関しては油分解菌の有無、光照射の有無による顕著な差は確認されなかった。これには冬季の低温、夏季の含水率低下、難分解性成分の残存の影響が考えられた。

謝辞：本報告は新エネルギー・産業技術総合開発機構「大学発事業創出実用化研究開発事業」の補助を受けて実施された研究成果の一部である。

【参考文献】1) 佐々木静郎他(2010):石油汚染土壌のバイオレメディエーションにおける利用微生物の挙動特性, 第 16 回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, pp.524-527 2) H.Aoshima et al., (2006): Evaluation of soil bacterial biomass using environmental DNA extracted by slow-stirring method, Appl. Microbiol. Biotechnol. 71, 875-880



(※ 117 日目の油分濃度と含水率並びに CASE 1 の 117 日目の総微生物数は欠測)

図3 油分濃度、総微生物数及び含水率の推移