

沖縄県内土壌を用いた模擬油汚染土壌のバイオ浄化処理実験

(株)熊谷組 正会員 ○村上 順也 正会員 門倉 伸行
 (株)熊谷組 正会員 佐々木静郎 正会員 土路生修三
 南洋土建(株) 金城 和哉 仲村 紳
 立命館大学 久保 幹 松宮 芳樹

1. はじめに

沖縄県には複数の米軍基地が存在し、今後これらの返還に伴い、跡地利用に際して燃料や機械油などによる土壌汚染が懸念されている。筆者らは、沖縄県特有の気象条件（高温多雨）や土質条件（粘土質土壌）のもとでのバイオ浄化技術の確立を目的として、バイオパイルの現地実証実験を実施した。本報は、得られた知見についてまとめたものである。

2. 実験方法

表1に示すように模擬汚染土壌は、沖縄の現地土壌の砂礫土壌、粘土質土壌（島尻マージ）にそれぞれA重油、ジェット燃料を添加し作成した。パイルAは何も添加せず、パイルBは栄養塩と有機資材を添加し、パイルCは栄養塩と有機資材と石油分解菌を添加・投与する条件とした。投与石油分解菌は、直鎖状炭化水素ならびに長鎖環状飽和炭化水素分解能を有する、立命館大学保有の *Rhodococcus erythropolis* NDKK6 株（以降、NDKK6 株と略す）を用いた。有機資材は菌の生育・活性維持と浄化後の土地植生を考慮しC/N 比調整として堆肥を用いた。

実験は那覇市近郊の屋外実験場で実施した。写真1に実験風景

表1 実験条件

ケースNo.※1	パイル名	投与・添加資材条件※2			模擬汚染土壌条件		備考
		石油分解菌※3	栄養塩	有機資材※4	土質	油種※5	
ケース1	パイルA	×	×	×	砂礫土壌	A重油	コントロール
	パイルB	×	○	○			ステイモレーション
	パイルC	○	○	○			オークメンテーション
ケース2	パイルA	同上			粘土質土壌 (島尻マージ※6)	ジェット燃料	同上
	パイルB	同上					
	パイルC	同上					

※1 ケース1:2012年4月～同10月実施、ケース2:2012年11月～2013年2月実施
 ※2 ○:投与・添加あり ×:投与・添加なし
 ※3 *Rhodococcus erythropolis* NDKK6株(環境・経済産業両省策定の「微生物によるバイオレメディエーション利用指針」に適合し大臣確認を取得済み¹⁾)を、初期濃度 2×10^7 cells/g-soilの設定で投与
 ※4 ケース1では鶏糞堆肥、ケース2では牛糞堆肥をそれぞれ乾燥土壌重量比で10%添加
 ※5 初期油分濃度は5,000 mg/kg dry-soilに設定
 ※6 琉球石灰岩の風化土壌とされる



写真1 実験風景

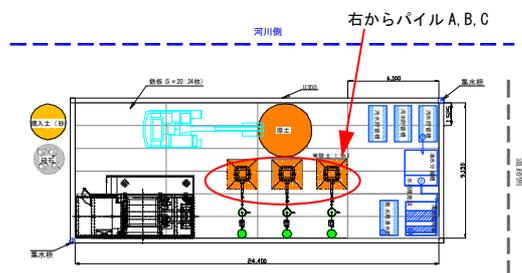


図1 実験施設配置図

表2 主なモニタリング内容

測定項目	測定方法
1 油分濃度(総石油系炭化水素(TPH))	GC法(油汚染ガイドラインに準拠)
2 土壌中の石油分解に寄与する遺伝子 <i>alkB</i> を保有する菌(以降、石油分解寄与菌と略す)数	Real-time PCR法※1
3 土壌中のNDKK6株数	
4 外気温、パイル内温度(上端から深さ30cm地点)	熱電対

※1 立命館大学が開発した遺伝子解析手法による

景、図1に実験施設配置図を示す。実験手順は、まず供試土壌を混練装置に投入し、油、栄養塩、石油分解菌(NDKK6 株)及び有機資材を実験条件に応じ添加・投与し一定時間混練した。混練後の土壌を底辺2m×2m、高さ75cmの盛土状(パイル)に盛り付け、雨水の浸透と風による土壌飛散を防止するためシートで覆った。パイルへの水分補給は、土壌表面の状況観察等から1～2回/週の頻度で行った。パイルへの好気性菌のための酸素供給は、パイル作成時に埋設した有孔管を通して空気を連続吸引した。表2にモニタリング内容を示す。油分濃度、土着菌を含む石油分解寄与菌数及び投与したNDKK6株数を1～2週間に1回の頻度で測定した。また、パイル内の温度、酸素濃度、水分等を測定した。

キーワード 油汚染土壌, 燃料油, 浄化, バイオパイル, 油分濃度, 遺伝子解析

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 TEL029-847-7501

3. 結果と考察

パイル内部の温度は、ケース1では外気温がほぼ20~35℃に対し、パイルB、Cで初期に40℃を越えたが2週目以降は全パイルともほぼ25~35℃で推移した。ケース2では外気温が10~25℃に対し、全パイル常時13℃以上で推移した。温度に関しては菌の生育・活性に極端に悪影響を与える環境ではなかった。

図2に油分濃度の推移を示す。ケース1ではパイルB、Cが2週目以降急激に低下しほぼ目標値1,000 mg/kg dry-soil (以降、本段落で単位を略す)以下となり、特にパイルCでは2週目以降はほぼ500以下となったのに対し、パイルAは2週目以降500~2,500で推移した。ケース2では1週目以降全パイル500以下で推移し、4週目以降全パイルほぼ定量下限値未満となった。ケース1、2ともに初期値が設定値(5,000)よりも低く、また、パイルAでもその後低下しているのは、供試油分が低沸点成分の多い燃料油であり揮発分が多かったためと考えられる。

図3、4に投与したNDKK6株数と石油分解寄与菌数の推移をそれぞれ示す。ケース1ではパイルCの投与NDKK6株数は1週目まで 10^7 cells/g-soil (以降、本段落で単位を略す)オーダーを保ち、石油分解寄与菌数はパイルB、Cが16週目まで 10^9 オーダーを保ちパイルAでは概ねそれより低い値で推移した。パイルAよりBの油分濃度が低い値で推移したことから、土着の石油分解菌の働きによる分解が示唆された。また、パイルBよりCの油分濃度が低く推移したことから、投与した石油分解菌による濃度低減効果が示唆された。ケース2ではパイルCの投与NDKK6株数は2週目まで 10^7 オーダーを保ち、石油分解寄与菌数はパイルB、Cが2~4週でピークを示し実験期間中 10^8 オーダーを保った一方、パイルAでは検出下限未満であった。本ケースでは全パイルで急激な油分濃度の低下を示したことから、オーグメンテーションの効果を明確には把握できなかった。

4. まとめ

沖縄県で現地模擬油汚染土壌を用いたバイオパイル実験を行った結果、投与石油分解菌あるいは土着菌による濃度低減が示唆された。本実験条件では揮発による油分濃度低下の影響が大きかったため、今後、石油分解菌の効果を明らかにするために、燃料油と比べ揮発分が少なく難分解性とされる潤滑油等を用いた実験を実施したいと考えている。本研究は沖縄県公募事業「微生物等を活用した汚染土壌の浄化処理技術開発事業」の一環で実施したものである。ここに関係各位の皆様方に感謝の意を表します。

参考文献

1)門倉伸行ほか：バイオレメディエーション利用指針に基づく石油分解菌の安全性評価，第18回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会 講演集，26-31，2012

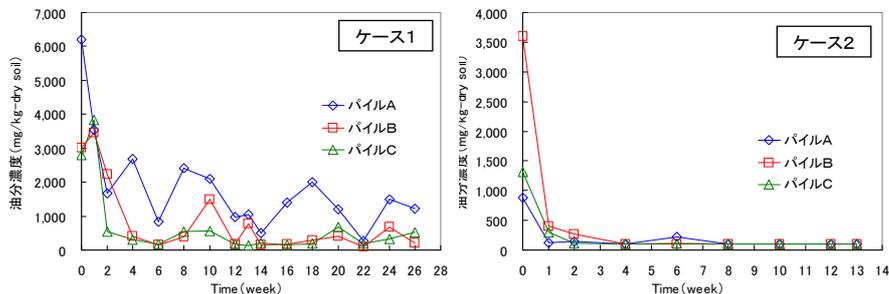


図2 油分濃度の推移

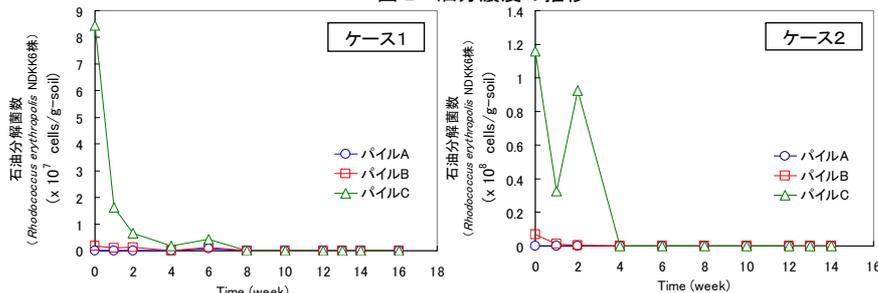


図3 石油分解菌 (NDKK6 株) 数の推移

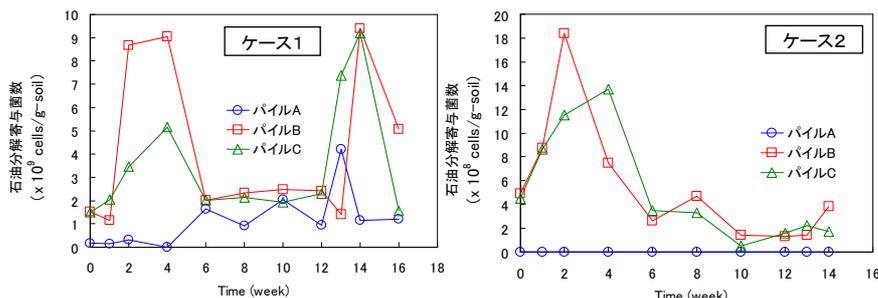


図4 石油分解寄与菌数の推移