

VII-279 クウェートにおける石油汚染土のバイオレメディエーション（その2）

(株)大林組 技術研究所 正会員 *千野 裕之 正会員 *辻 博和
同 上 正会員 *石川 洋二 正会員 *四本 瑞世

1. まえがき

先の湾岸戦争における流出原油による油汚染土の修復に関連してクウェート国では、地下水汚染防止と自然環境回復のため、国土の復旧に向けて、大規模な油汚染土の処理が緊急な課題となっている。そこで、同国の汚染土浄化に向けたマスタープランの立案に協力し、国土復旧計画の策定に寄与することを目的として、通産省所管の(財)石油産業活性化センターはクウェート科学研究所との共同研究を進めており、その一環として油汚染土のバイオレメディエーションに関する実験検討を行った¹⁾²⁾。現地における1ha規模のバイオレメディエーション実証試験工事を実施した結果、油分濃度の80%以上が分解され、土中の油分濃度が当初の4%から0.75%に低下するなどの結果が得られたので報告する。

2. 現地実証試験の概要

2.1 現地における維持管理工事

実験は次の通り3方式によって行った。実験区のレイアウトは前報³⁾を参照。供試土は粘土を全く含まない砂質土であり、土中の油分濃度TPH(Total Petroleum Hydrocarbon)は中汚染土で約4%、軽汚染土で約2%であった。前報に示すように汚染土には窒素、リン酸肥料を加え、また添加物として、ウッドチップとコンポストを合わせて体積割合として5%加えている。

①ランドファミング方式(畑方式) 縦30m×横40m×深さ0.3mの区で中汚染土および軽汚染土について実施。トラクターおよびリレーで毎日耕耘をおこない、散水は自走式のリレー・システムを使用。6月末から10月末まで節水のため夜間に散水を実施し、他の時期は昼間に実施した。水分は、3方式とも、含水率として8～10%を維持するように管理した。

②ウィンドローバル方式(高畝切り返し方式) 幅3m×高さ1.5m×長さ20mの畝で中汚染土について実施。週に1度フロントローダーで耕耘を行い、リキパイプ及び、バール天端の溝からの給水を、ランドファミング区と同様に6月末から10月末までは夜間実施し、他は昼間に実施した。通気のための切り返しを計画時は月1回としていたが、3週間ぐらいから内部が嫌気状態と判断されたため、8月中旬から1回/週を実施した。

③スタティックバル方式(高畝強制通気方式) 幅3m×高さ1.5m×長さ20mの畝で軽汚染土について実施。散水に関して、ウィンドローバル区と同様に実施した。コンプレッサーで強制的に通気。95年9月および96年6月にフロントローダーを用いた切り返しを2回実施した。

2.2 モニタリング

モニタリング項目はTable-1に示す。土中の油分含有量は、EPA 418.1規格に従って赤外分光光度計によって求めたTPHと、ジクロロメタン溶媒を用いた抽出装置で抽出した油分の乾土に対する質量割合で示したTEM(Total Extractable Matter)について測定。石油画分の定量は、溶媒としてジクロロメタンを用いた抽出油分について(社)石油学会規格JPI-5S-22-83に準拠して測定。脂肪族画分の詳細は、GC-FIDによって、芳香族画分は、HPLCによりEPAの定めた16種類の有害芳香族成分について測定。モニタリングは、自動計測以外、土中の含水量、温度は毎日測定、土中の油分含有量、無機成分、微生物分解は月に一度、石油画分の定量、GC及びHPLCの詳細分析は3ヶ月に一度実施。サンプリングに際しては、ランドファミング区では、1区当たり等間隔で30箇所それぞれ深さ約10cm、30cmから取りそれらの混合サンプルを供試。ソイルバル区では、バルの両面合計20ヶ所のそれぞれ深さ約10cm、30cmおよび70cmから採取し、同様に土を十分に混合して供試。95年6月中旬から96年9月中旬まで実施した。

Table-1 モニタリング項目

分類	測定項目
含水量等	含水量
	散水量
	気温 地温
油分	TPH
	TEM (ジクロロメタン)
	TEM (トルエン)
	石油成分の分画
理化学性	脂肪族成分
	芳香族成分
	pH
	強熱減量
	電気伝導度
	塩素イオン
	硫酸イオン
	リン酸イオン
	アンモニア態窒素
	硝酸態窒素
微生物性	ケルダール窒素
	バクテリア カビ

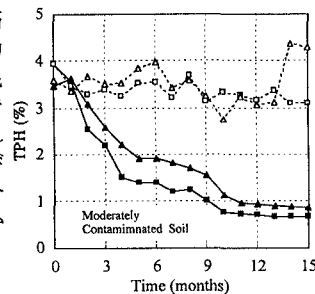


Fig-1 TPHの変化

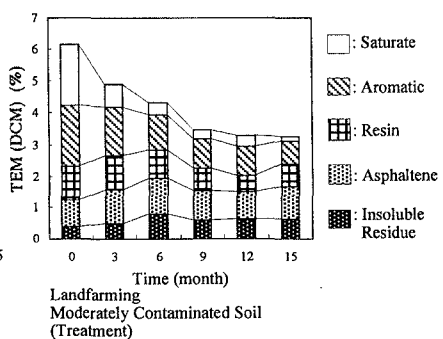


Fig-2 TEMの変化と石油成分の分画定量結果

3. 試験結果と考察

3.1 油成分の分解挙動

Fig-1 に TPH の経時変化の例を示す。4ヶ月までは急速に値が減

バイオレメディエーション、石油汚染土、微生物、野外実験、ガスクロマトグラフ

*〒204 東京都清瀬市下清戸4-640 TEL 0424-95-1060 FAX 0424-95-1261

少し、それ以降はなだらかに減少している。ランド・ファームিং区の方が両ソイル区と比べて、初期の分解速度が大きく、そして15ヶ月後にはランド・ファームিং区で全TPHの80%強、ソイル区で75%強分解している。

次に、油分の各成分の分解程度を明らかにするためにジクロロメタン抽出によるTEM成分の分画定量を行った。その例をFig-2に示す。実験前の油の組成はおおよそ、飽和脂肪族分・芳香族分・その他成分がそれぞれ1/3ずつである。図から明かなように分解できているのは飽和族分と芳香族分であり、レジン分とアスファレン分はほとんど分解していない。ランド・ファームিং区では9ヶ月後には脂肪族の約80%、芳香族の約40～50%が分解され、15ヶ月後には同じくそれぞれ90%以上、60%以上が分解された。図示しないが、両ソイル区では、ランド・ファームিং区より芳香族の分解がやや少ない傾向が認められ15ヶ月後には脂肪族の約80%、芳香族の約50%が分解された。

ここで、脂肪族に関してGCのクロマトグラムをFig-3に例示する。これより、処理区ではとくに炭素数の少ない飽和族のピークが激減しており、分解が進んでいる。芳香族に関して、EPAの定めた16種類の有害芳香族化合物に関するクロマトグラムをFig-4に例示する。処理区では芳香族の分解が進み、12ヶ月後には一部を除いてほとんどのピークは検出できないほどに低下した。

3.2 土壌の水分収支について 3つの方式とも、含水率として8～10%を維持するように散水した。土中の含水率の測定結果をFig-5に例示する。図からわかるように、7月以降は含水率として、ほぼ8%以上を維持した。各方式における単位土量当たりの累積の散水量実績をFig-6に示す。ランド・ファームング区とウインドローバイル区やスティックバイル区を比較した場合、ランド・ファームング区では同じ含水率を維持するために土の体積当たり約3倍もの散水量を必要とした。

3.3 3方式の比較 3方式のうちでは、ランド・ファームング方式が最も分解が進んでおり、バイオレメディエーションの期間を短縮できる技術である。しかしながら、含水率を適正に維持するために、他の2つの方式より水要求量が大きかった。また、in-situでの対応が可能な技術である。ウインドローバイル区では、フロントローダーによる切り返しがかなりのコスト増加につながる事がわかった。スティックバイル区は比較的成本は小さいが、中汚染土での適用性の検討が必要である。

4. あとがき

現在、下水処理水を用いるなど、さらにコスト低減を目指した現地試験を開始するとともに、難分解成分を分解できる有用微生物を数株選抜できたので、これらの現地へのバイオオグメンテーションを検討中である。また、バイオレメディエーションによる浄化済の土を用いた現地植栽実験を開始している。

謝辞

本研究を進めるにあたっては、東京大学農学部農学応用生命科学研究所の松本教授、小柳津助教授、東京大学農学部生物生産工学研究センターの大森教授には多大なる指導を受けた。クウェート科学研究所においてはN. Al-Awadhi部長、M.T. Balba氏をはじめ多くの方にお世話になった。この場を借りて、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 千野、喜田、辻：大林組技術研究所報、No.52（1996年）
- 2) 千野、辻、石川、四本：大林組技術研究所報、No.54（1997）
- 3) 千野、辻：土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第7部（1996年）

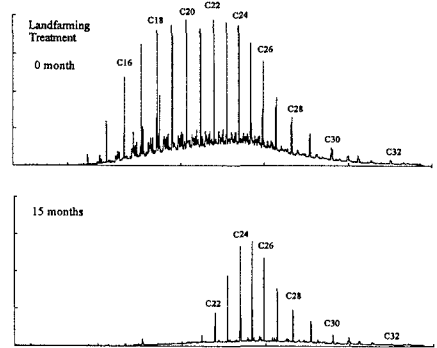


Fig. -3 GC-FID のクロマトグラム

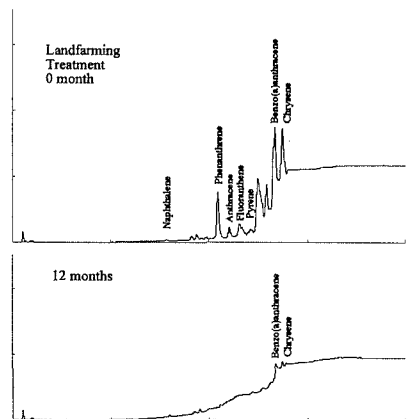


Fig. -4 HPLC のクロマトグラム

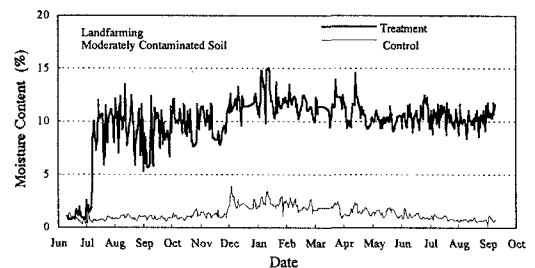


Fig. -5 土中の含水率の変化

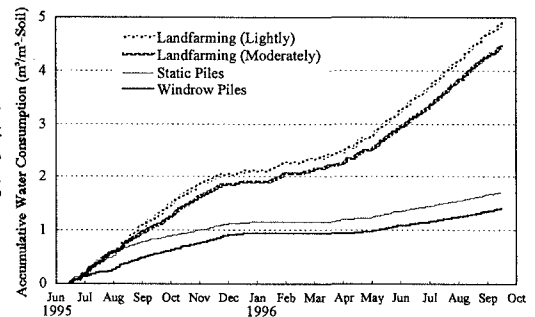


Fig. -6 単位土量当たりの散水量