

VII-67

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

(株)大林組 技術研究所 正会員 千野 裕之 正会員 辻 博和

1. まえがき

先の湾岸戦争で、イラク軍は戦争末期にクウェート国内の600以上の油田を破壊した。流出原油によって、いわゆるオイルレイク（油の湖）が300以上でき、その流出面積は49km²以上に達した。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。その解決に向けて、わが国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 "Rehabilitation of Kuwait's Environment" の共同研究を進めており、本プロジェクトの成果をもとに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としている。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ている。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は昨年6月中旬から進めている。

2. 石油汚染土の分布と性状

実験工事に先だって、工事の対象となるブルガン油田地帯内のオイルレイクNo.102について、油汚染の深さ方向、水平方向の程度を的確に把握するために性状調査を行った。掘削予定地の中の10箇所について深度別に汚染土のサンプリングを行い、その性状を調べた。Fig.-1に例を示すように、多くの箇所において表層の油汚染土の油分含有割合は大きく、25～70%に及んだが、40cm以深では汚染が少なく TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) で1%未満となった。しかし一部では、Fig.-2のように表層から2m近くの深度まで油分が浸透し汚染されていることが確認された。また、ガスクロマトグラフによる検討の結果、汚染土に含まれる油分は、脂肪酸に関してはクウェート原油と比べて、炭素数の少ない低沸点の成分の割合が少なく、ウエザリングを受けたことが裏付けられた。汚染土の性状の例を Table-1 に示す。なお、図示しないが、石油成分のうち飽和炭化水素は4割、芳香族炭化水素は3割、極めて難分解なレジン分およびアスファルテン分はそれぞれ1割強を含んでいる。

3. 実験区の造成

試験工事では、オイルレイク No.102 から75m×113mの1haから1mの深度で掘削した。表層のオイルスラッジの下部から掘削した油汚染土は、オイルレイク近傍の実験ヤードにて、均一化し、コンポスト・ウッドチップをそれぞれ2.5v/v%加え、さらに微生物の栄養として窒素肥料とリン酸肥料を加えてミキシングを行った。そして、ランドファーマーミング（畑耕耘方式）、ウィンドローパイル（畝立て切り返し方式）、スタティックパイル（畝立て強制通気方式）の3種類の区を造成した。ランドファーマーミングは縦30m×横40m×深さ0.3mを4区（1区あたり360m²）、ウィンドローパイルは縦20m×横3m×高さ1.5mの畝を8区（1区あたり60m²）、スタティックパイルはウィンドローパイルと同形状の区を4区設けた。ランドファーマーミング区の1区およびスタティックパイル区は軽度汚染土（TEM=Total Extractable Matterとして約2%）それ以外は中程度汚染土（TEMとして約5%）を用いた。試験区のレイアウトは Fig.-3 に示す。

4. 維持管理工

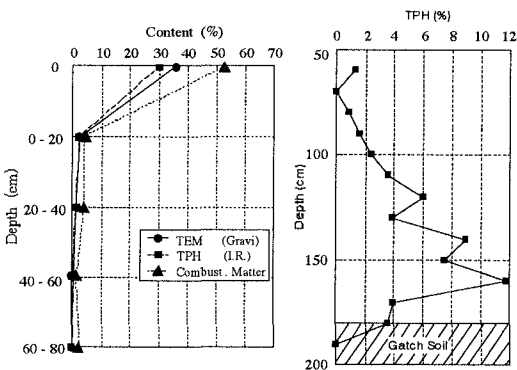


Fig.-1 Oil Content in Depth

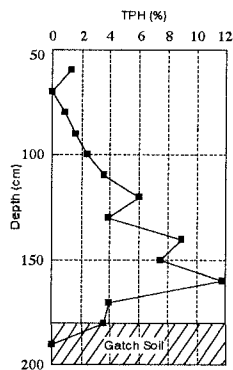


Fig.-2 Oil Content in Depth (<50cm)

微生物による分解を効果的に進めるためには水分、温度、酸素、栄養などを適切に管理する必要がある。本実験では土中水分を8～10%に維持するように、ランドファーマーミング区は自走式のイリゲーションシス

Table-1 油汚染土の性状

Oil Contaminated Soil	
Color	Dark Brown
Smell	Oily Smell
Touch	Slightly Sticky
Moisture (%)	4.3
Ig. Loss (%)	9.6
pH	8.05
T-C (%)	5.20
T-N (%)	0.019
C/N	274
TPH (%)	5.47

テムを用い、それ以外のソイルパイルの区は多孔質ゴム製のホースをパイル内に敷設し、これで灌水をおこなった。昼間の気温は夏季には45から49℃にまで達するため、この期間散水は夜間に実

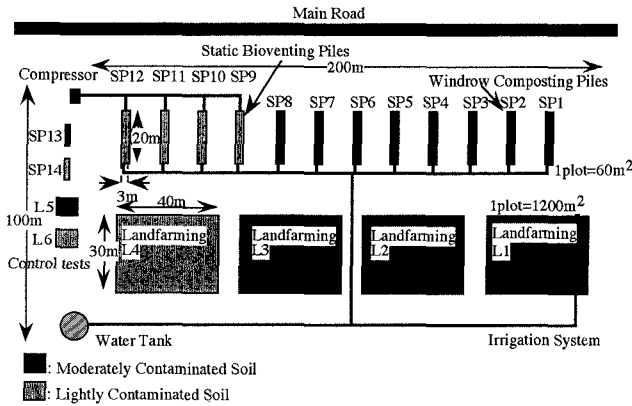


Fig. 3 Layout of The Experimental Site

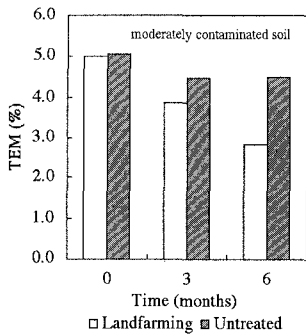


Fig. 4 TEM Reduction by Treatment (Gravimetric Method)

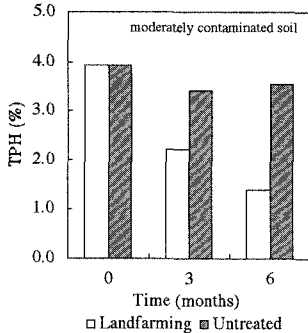


Fig. 5 TPH Reduction by Treatment (IR Method)

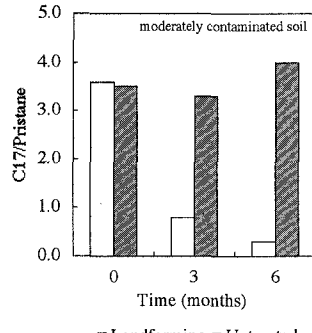


Fig. 6 C17/Pristane Ratio

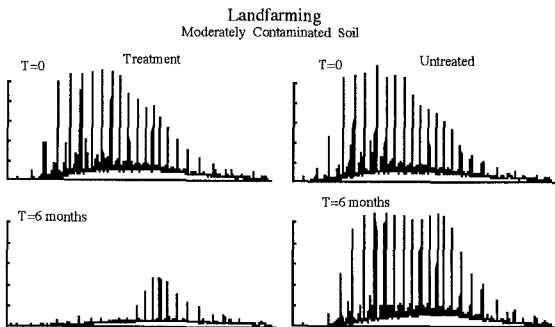


Fig. 7 GC-FID Chart

施した。耕耘はランドファーム区については毎日実施した。ウィンドローパイル区では当初月に一度の切り返しを計画していたが、パイル内が著しく嫌気状態となったため、一週間に一度の切り返しを行うように変更した。スタティックパイルはコンプレッサーで通気を行なっているため、切り返しは実験開始3ヶ月後一度だけ行った。

5. モニタリング結果

汚染土の分解状況のモニタリングは月に一度実施している。現在、9ヶ月を経過し、ここでは、ランドファームの区のみを示すが、各処理区とも、対照区と比べて油分含有量

は大きく低減し、分解が進んでいることが明らかであった (Fig.-4、Fig.-5)。ただし、TEMでは安定なアスファテン分なども抽出されるため、全体に占める減少割合は小さくなっている。Fig.-6に示すC17とPristaneは化学性は類似であるが後者はイソパラフィンであり生物分解に対して安定である。従って両者の比率から生物分解がおきていることが明らかである。GC-FIDのクロマトグラムから、特に脂肪族のピークは著しく低下している (Fig.-7)。また、土色、油臭などからも分解が進んでいることが裏付けられた。3種類の区の中では、攪拌が十分行われているランドファーム区で分解が最も進んでいる。

なお、過去の海水散布による消火活動に由来する土中の塩分は、図示しないが、灌水に伴うリーチングによって著しく低下した。よって、今後植生を考えていくうえで有利な状況になった。

6. あとがき

油分のうちで易分解性の成分は上記のように分解が進んでいるが、難分解芳香族成分をも分解できる菌の探索試験を実施し、実用の可能性のあるバクテリアが複数選抜され、実用化への準備を進めている。また、今秋からは微生物による浄化を終えた汚染土に植栽を行い、さらに浄化を進めるべく（ファイトレメディエーション）計画を進めている。

参考文献

- 1) Al-Awadhi, N., M.T. Balba, K. Puskas, R. Al Daher, H. Tsuji, H., Chino, K. Tsuji, M. Iwabuchi and S. Kumamoto. Journal of Arid Land Studies, 55 (1996) 195-198.
- 2) 千野, 喜田, 辻. 油汚染土のバイオレメディエーションに関する研究(その1) 大林組技研所報, 52 (1996)