

不飽和土の油汚染源における自然減衰と微生物動態のモニタリング

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 北村 充
 基礎地盤コンサルタンツ（株） 正会員 宋 徳君
 名古屋大学エコトピア科学研究所 正会員 片山新太

1. はじめに

近年、石油系炭化水素に汚染された土壌地下水の浄化技術として、科学的自然減衰（Monitored Natural Attenuation :MNA）が注目されている。汚染物質の自然減衰は、土壌粒子への吸着、気相への揮発、希釈・拡散、化学分解、微生物分解等によって起こるが、微生物分解が本質的な浄化プロセスとして最も重要である。MNA技術の適用に際しては、減衰予測のための土壌地下水中の分解菌バイオマス量と活性に関する評価が必要不可欠である。我々は、ライシメータを用いて人工的に油汚染不飽和土を作製し、自然降雨条件下での自然減衰過程をモニタリングしてきた。前回の報告¹⁾では、汚染源周辺の不飽和土の微生物群集を約1年間にわたりキノンプロファイル法を用いて解析し、不飽和汚染土の微生物群集解析にキノンプロファイル解析法が有用であることを明らかにした。今回は、2年間にわたる油汚染不飽和土の自然減衰試験における油の物質収支を明らかにするとともに、油汚染源周辺および油汚染源の微生物群集を解析した結果を報告する。

2. 実験材料と方法

名古屋大学附属農場（愛知県東郷町）内のライシメータ（図-1、L=2m、W=1m、H=1m）に、半径10cmの穴をGL-30cmまであけ、その底面に均一に油400gを汚染源として加え自然減衰をモニタリングした。脂肪族炭化水素の*n*-ドデカン（58.8%）、単環芳香族炭化水素のトルエン（15.5%）、エチルベンゼン（10.3%）、キシレン（10.2%）、および多環芳香族炭化水素のナフタレン（5.2%）の混合物を油とした。

揮発分は、汚染源上部にウレタンフォームを設置して捕集した。ウレタンフォーム中の油分を*n*-ヘキサン抽出後、GC-MSで定量した。

降雨浸透水は、ライシメータ四周及び底面が不透水材料であるので、底部のパイプからタンクに排出される。降雨のあるごとに浸透水を採取して、*n*-ヘキサン転溶し油分をGC-MSで定量した。油投入後、適宜、汚染源付近（半径15cm以内、以下汚染周辺土）および汚染源から離れた位置（110cm以遠、以下対照土）で土のコアサンプリングを実施した。また、汚染1年後以降からは、汚染源中心（中心から半径10cm以内、以下汚染源土）のコアサンプリングも行った。土中残留油濃度の実測値を基に、(1) 油は汚染源を中心に放射状に拡散、(2) ライシメータ壁面、底部、地表面の油濃度は0 mg/kg-DS、(3) 鉛直方向の油濃度勾配は水平方向のそれと等しいと仮定し、GMS 6.0 3D Geostatisticを用い、油の土中残留量を推定した。油投入量から、揮発量、浸透量、残留量を引いたものを微生物分解量として推定した。油汚染土壌中の微生物群集は、前報¹⁾に従い、キノンプロファイル法を用いてモニタリングした。

3. 結果と考察

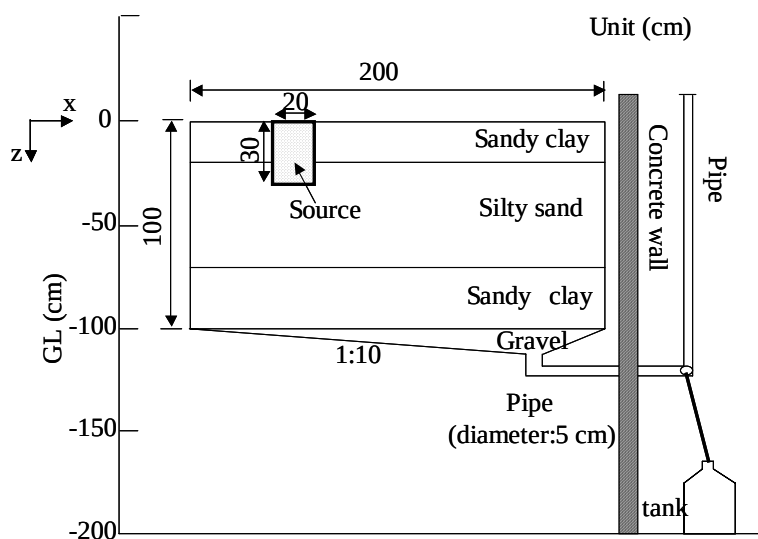


図-1 ライシメータの断面図

キーワード：油汚染不飽和土、自然減衰、油収支、微生物群集、キノンプロファイル、ライシメータ

連絡先 〒464 - 8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学エコトピア科学研究所 TEL 052 - 789 - 5856

図-2に残留油分の推定ブルームの時間変化を示す。エチルベンゼン等の水溶解度の高い単環芳香族炭化水素は、汚染161日後以降は、いずれも100 mg/kg-DS未満のブルームとなり消失した。一方、水溶解度の低い n -ドデカンのブルームは、時間経過に伴い縮小したが、汚染665日後まで100 mg/kg-DS以上の濃度で残留した。油成分ごとに残留時間が異なることが示唆された。汚染665日後の油分の物質収支は、土中残留量が10.3%、揮発量が7.4%、浸出量が0.03%と推定された。残りの79%は微生物分解されたものと推定された。

油汚染周辺土（図-3）および油汚染源土（図-4）では、対照土と比較してキノン種の特異的増加がみられ、それに伴い全キノン量（微生物バイオマス）が大きく増加した。

汚染周辺土では、初期100日間に、Q-8（ β -プロテオバクテリア）とMK-8(H4)（アクチノバクテリア）の特異的増加がみられた。これらのキノン種を持つ微生物が油分解に関与したものと考えられる。その後に見られる多様なキノン種の増加は、初期に増殖した微生物バイオマスを炭素源とする二次微生物群の増殖と考えられる。周辺土中の油が消失した665日後には、対照土に近いプロファイルとなった。より高濃度の油に長期間晒された油汚染源土では、汚染周辺土とは増加キノン種が異なり、またその増加程度も遙かに高かった。油の曝露濃度によって、油分解に関与する微生物が異なることが示唆された。

3. まとめ

油汚染不飽和土の自然減衰過程における物質収支を調べ、微生物分解が主要な浄化過程であることが確認された。増加キノン種は初期100日では種類が限られたが、その後は種数が増加し、MNAの進行を示唆した。油濃度が高い汚染源土では、汚染周辺土とは異なるキノン種の大幅な増加がみられ、関与する微生物群が異なることが明らかにされた。

（参考文献）

- 1) 木村充、宋徳君、片山新太：油汚染不飽和土の自然減衰試験における微生物群集の動態、土木学会第59回年次学術講演会講演概要集、541-542、2004

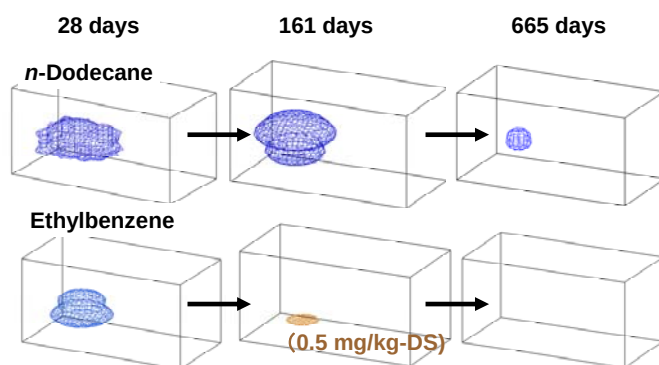


図-2 残留油分の推定ブルームの経時変化（油ブルームは100mg/kg以上の部分を示す。但し、エチルベンゼン161日後のブルームは0.5mg/kg以上の濃度）

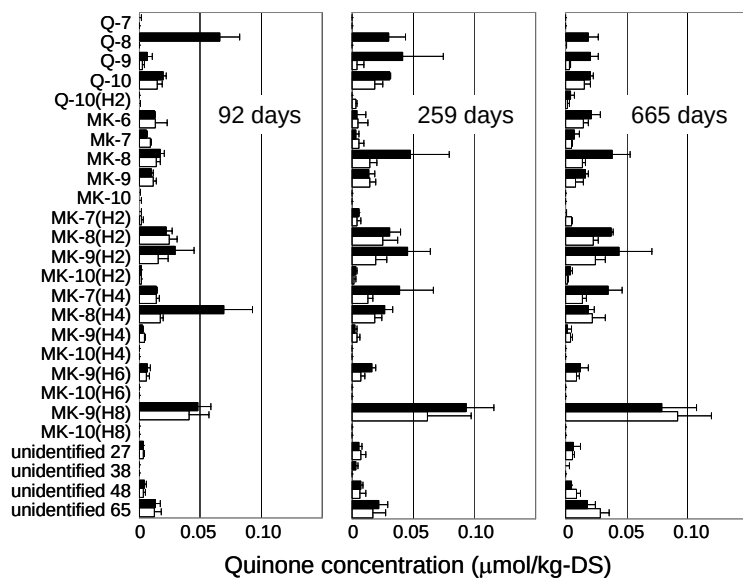


図-3 GL-40～70cmの汚染周辺土（黒）と対照土（白）におけるキノンプロファイル（Q:ユビキノ、MK:メナキノ）

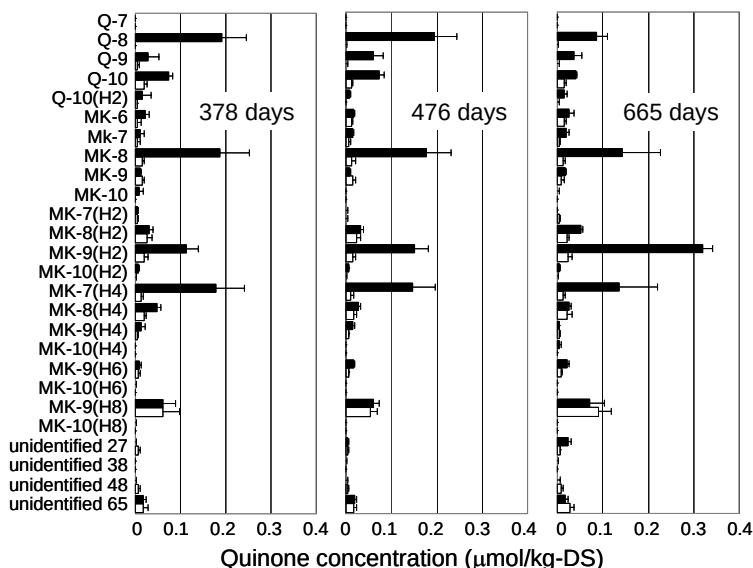


図-4 GL-40～70cmの汚染源土（黒）と対照土（白）におけるキノンプロファイル