

東海大学大学院 学生会員○田村 久幸

東海大学工学部 正会員 本間 重雄

1.はじめに

油による地盤環境汚染は、産業活動により大量に発生する廃油や使用済み炭化水素燃料、灯油等の不適切な処理処分の他、老朽化した貯蔵タンクからの漏出によって引き起こされるが、環境リスクの高い汚染に発展する事が多く高い関心を集めるようになってきている。油汚染土の浄化技術としては、燃焼処理法や土壌洗浄法、磨砕による固液分離、バイオレメディエーションなどさまざまな手法が試みられているが¹⁾、間隙中での油の存在形態と分離の特性をふまえた安価かつシンプルな原位置浄化法の採用が望まれている。本研究ではその第一段階として、灯油による室内カラム試験を通じ、不飽和砂への灯油の浸入・保持および移動特性を試料土の含水率、サクシオン圧との関連において検討するとともに、油汚染土に対し間隙水位の上昇および過酸化水素水による間隙油の排出効率について基礎的な実験²⁾を行なった。

2.実験概要

実験装置は図-1 に示すような内径8 cm、高さ30cmの試料土充填用アクリルカラムと給油用バケツを連結したものである。このカラム内に豊浦砂を含水比を変えて一定密度で充填し、試料表面に灯油を動水勾配 $i=0$ の状態

で自然浸透させ、浸透油量の経時変化を測定した。試料下端から灯油が排出した時点で排出用バルブを閉じ、給油バケツを給水バケツに付け替え試料下端から動水勾配 $i=0.25, 0.5, 0.75$ の三段階で、水および過酸化水素水(濃度1%)を供給し、試料表面からの灯油の排出量の変化を調べた。豊浦砂の初期飽和度は0, 10, 20, 30, 40%の五段階に変化させ、それぞれのサクシオン圧をテンシオメータを用いて測定した。

3.実験結果および考察

図-2 は不飽和砂中への浸透油量 q_0 の変化を、試料の初期飽和度 S_w およびサクシオン圧(負の圧力水頭 ϕ)との関係で示したものである。試料の初期飽和度が低下するにつれ、サクシオン圧が増大するため自然浸透油量は増加し、浸透に要する時間も短縮されることが判る。時間経過とともに浸透油量が減少するのは、

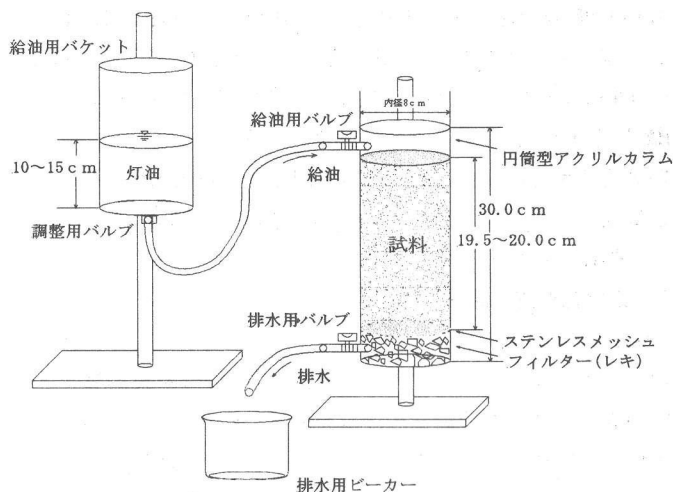


図-1 不飽和カラム実験装置

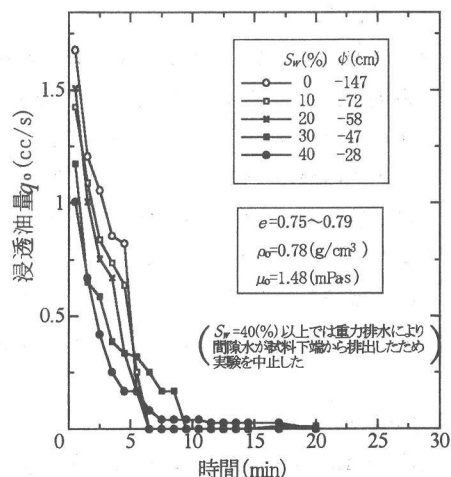


図-2 浸透灯油量の変化

連絡先: 〒259-1292 平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

キーワード: 浸透、地盤環境、油汚染

灯油浸透によって、サクシオン圧が消滅し、試料中の負の圧力勾配が小さくなるためと考えられる。また、間隙中に浸入した灯油は間隙水よりも比重が小さいため($\rho_w=1$, $\rho_o=0.78\text{g/cm}^3$)、間隙水の上に浮く形で空気間隙を徐々に満たしていく。試料砂の初期飽和度が40%以上では、灯油の浸透とともに間隙水が重力によってカラム下端から排出され、間隙水が非排水の状態では飽和度40%が灯油の浸透限界であることが判った。図-3は試料への灯油の浸透が停止したときの試料土の油に関する飽和度 S_o と初期飽和度 S_w およびサクシオン圧 ϕ の関係を示したものである。図-3において S_w と S_o との間には直線的な関係が認められ、両者の和は試料の初期飽和度にかかわらず一定であり、豊浦砂の場合、間隙容量の約80%が既存の間隙水と灯油で満たされる結果となった。

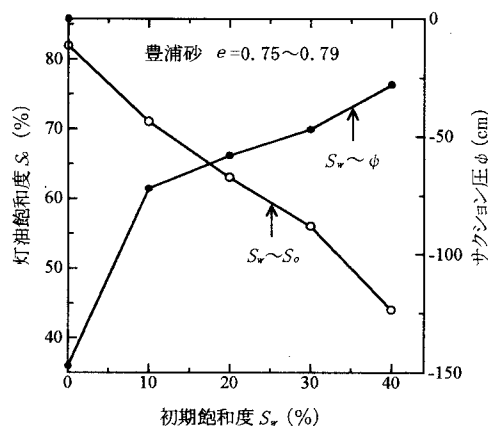


図-3 S_w と $S_o \sim \phi$ の関係

続いて上昇流による灯油の排出実験においては、ポイリングの発生に配慮し動水勾配を0.25, 0.5, 0.75の3通りに変化させたが、 $i=0.5$, $S_w=10\%$ の結果を図-4に示す。これによると、過酸化水素水を用いた場合は水に比べ油の排出に時間を要するものの、最終的な排出量は増加している。これは、過酸化水素水の界面活性作用により油分を土粒子から剥離する効果が認められる一方、過酸化水素の自己分解により発生する微細気泡が灯油の排出を防げるためと思われる。次に、水位上昇による浸透灯油の排出効率を、過酸化水素水と水の場合とを比較したのが図-5である。動水勾配0.5のもとで、

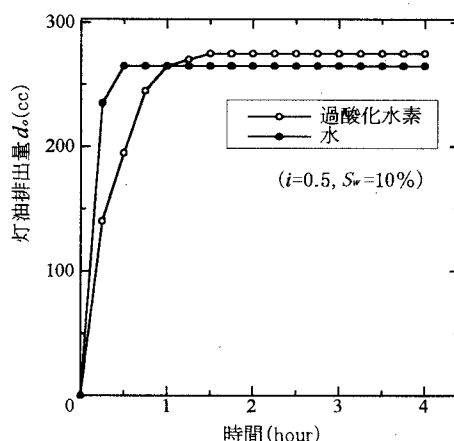


図-4 灯油排出量の変化

水のみの場合は60%以上の排出率であったのに対し、過酸化水素水(1%)を用いた場合は70%以上の排出率となり、試料の初期飽和度の低下につれ排出効率は増大することが示された。これらのことから、乾燥砂質地盤における油汚染土の浄化に対しては、過酸化水素水と水を併用した地下水位の上昇注水により、表層地盤の浄化がある程度達成可能と思われる。

4. まとめ

室内カラム試験を通じ、不飽和砂中への灯油の浸入機構と水位上昇による排出効率について検討を行った結果、試料土の初期飽和度(サクシオン圧)が油の浸透速度および全浸透量に大きく関与し、間隙水が非排水の状態では最終飽和度(灯油+間隙水)はほぼ一定となることが示された。また、過酸化水素水より水位上昇によって、浸透油の70%以上が試料表面で回収可能であることが示された。ただし、過酸化水素水より発生する微細気泡が排出効率を低下させるため、ドレーン材設置等による気泡抜き対策が実際には必要となるものと思われる。

参考文献

- 1) 川端・今立: 油汚染土処理の課題と気泡連行法による現場処理事例 土壌地下水浄化セミナー 2001年9月
- 2) 棚橋秀行: 鉛直カラムにおける灯油の浸透・残留量に関する基礎的実験

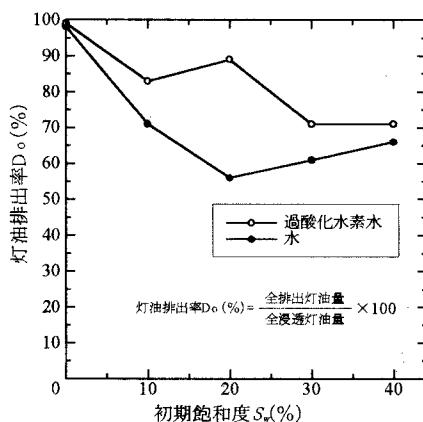


図-5 灯油の排出率の比較($i=0.5$)