

不飽和砂質土への油の浸透機構および浄化効率に関する研究

東海大学大学院 学生会員 森實 浩之
東海大学工学部 正会員 本間 重雄

1.はじめに

油は消費・流通量ともに非常に多く、海外では数多くの汚染事例が報告されている。我が国の炭化水素系に対する規制はベンゼンのみであるが、諸外国では全炭素系炭化水素(TPH)、芳化族系炭化水素(PHA)、ベンゼン等(BTEX)について規制されている事から、今後我が国においても油汚染に対する法規制が強化されるものと予測されている。今回の研究では、油による地盤環境汚染と汚染地盤の浄化法に関する基礎的研究の一環として、飽和度の異なる砂質土に対し、土中への灯油の浸透機構と各洗浄液による浄化効率を室内実験を通じて比較検討した。不飽和砂中への灯油の浸透量を、土のサクシオン圧との関係で検討するとともに、油汚染土に対してケイ酸ナトリウム、水酸化ナトリウムおよび過酸化水素水による洗浄を行い、浸透油の回収効率について考察した。

2.実験方法

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。このカラム内に千葉産山砂を含水比を変えて一定密度で充填した後、試料表面から灯油を動水勾配 $I=0$ 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、続いて試料下端から動水勾配 $I=0.5$ で水および過酸化水素水(濃度 0.5%)、水ガラス(1%, 5%)、水酸化ナトリウム(0.1%)を供給し、試料表面からの灯油の排出量の変化を比較した。山砂の初期飽和度は 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はテンシオメータを用いて測定した。

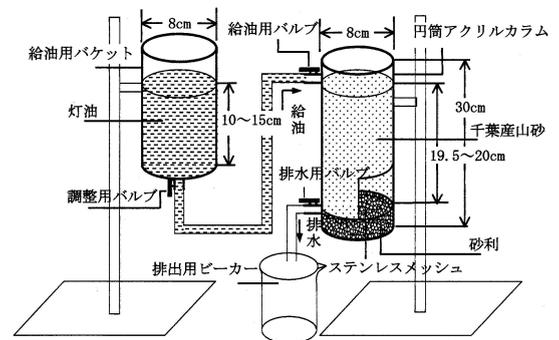


図-1 実験装置図

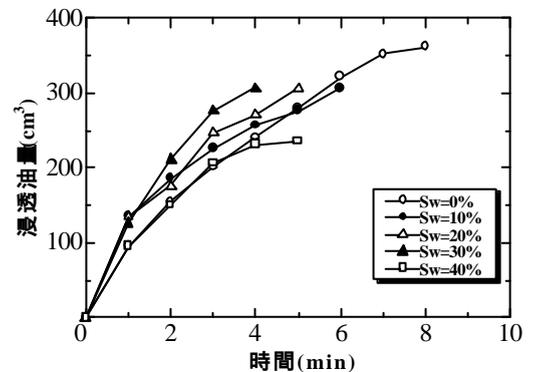


図-2 浸透灯油量の時間推移

3.結果および考察

図-2 は、初期飽和度 S_w の異なる砂質土に対する灯油の浸透量の時間推移のグラフである。 $S_w=0\%$ (乾燥砂) では灯油の浸透量は最も多く、 $S_w=10, 20, 30\%$ では大きな変化はないが $S_w=40\%$ になると、浸透油は減少に転じた。浸透に要する時間については初期飽和度の低い試料程時間が長く、初期飽和度の高い試料では時間が短縮される傾向が見られた。

図-3 は浸透終了時の水および油に関する飽和度を初期飽和度毎に示したグラフである。 $S_w = 30, 40\%$ では、油浸透後の飽和度 S_w+S_o は 95% に達するが、 $S_w=0, 10\%$ では $S_w+S_o=80\%$ 止まりであり、残存空気量が増加する。しかし、初期飽和度 S_w の

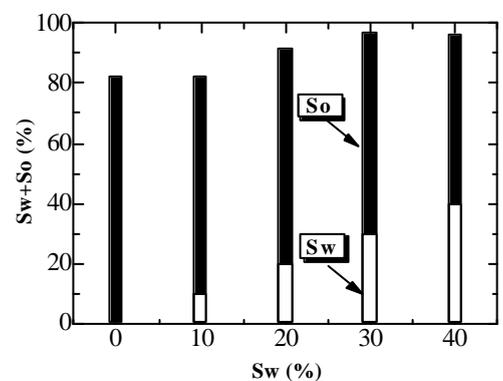


図-3 試料内の飽和度

キーワード：浸透、地盤環境、油汚染

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

増加につれ浸透による S_o は相対的に減少していく。

図-4 は試料のサクション圧（負の圧力水頭）に対する S_w と S_o の関係を示したグラフである。特性曲線(S_w - 関係)をほぼ反転させた形で S_o は変化し、灯油浸透に対してもサクション圧が強く関与していることがわかる。図-3と同様、 S_w と S_o の合計が 100%に達しないのは、試料土表面から自然浸透により灯油を浸入させたことによるものと考えられる。

洗浄実験結果については、初期飽和度ごとの各洗浄液による浸透油回収率を表-1に示した。動水勾配は $I=0.25, 0.5, 0.75$ の3通りに変化させたが、 $I=0.75$ の場合には試料内にひび割れが生じ、回収率にも大きな変化は見られなかった。初期飽和度 $S_w=0\%$ の状態では、回収率は洗浄液の種類によらず 70~75%でほぼ同じであるが、過酸化水素については $S_w=20\%$ までは回収率が増大した。アルカリ溶液である水ガラス(ケイ酸ナトリウム)と水酸化ナトリウムは浸透油の溶解離脱を期待したものであるが、上昇浸透の状態では水と大差ない結果であった。また、いずれの洗浄液についても S_w が 40%になると浸透油の回収率は低下するが、これは図-3に示したように S_w の増加につれ、土間隙への浸透可能油量が相対的に減少するためと考えられる。図-5 は $S_w=40\%$, $I=0.5$ の状態での供給洗浄液の間隙体積(PV)と浸透油回収率の関係を示したものである。これによると、 $PV=0.3 \sim 0.4$ で回収率は一定値に達し、それ以降はほとんど変化しないことがわかる。使用した洗浄液の中では、過酸化水素が少ないPVで大きな回収率を示し、他は浸透油量に近いPV(約 0.4)で回収率一定となった。なお $S_w=0\%$ では $PV=0.6$ 付近で回収率一定となった。図-6 は洗浄液供給体積(PV)の時間変化を表したもので、ケイ酸ナトリウムは浸透性に優れ、短時間でPVが増加するが、過酸化水素については油回収率が高い反面、供給に時間を要することが示された。

4.まとめ

各洗浄液による油汚染砂の上昇浸透による浄化効率について比較検討した結果、過酸化水素(0.5%)は供給に時間を要するものの最も効率が良いことが示された。原位置油汚染土に対する生物処理に先立つ一次処理法として本報告による土壤洗浄は適用の可能性があると考えられる。

参考文献

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 土壤地下水浄化セミナー 2001年9月
 田村久幸：油汚染地盤の原位置浄化に関する研究 第29回関東支部技術研究発表会講演概要集, pp.1074 - 1075

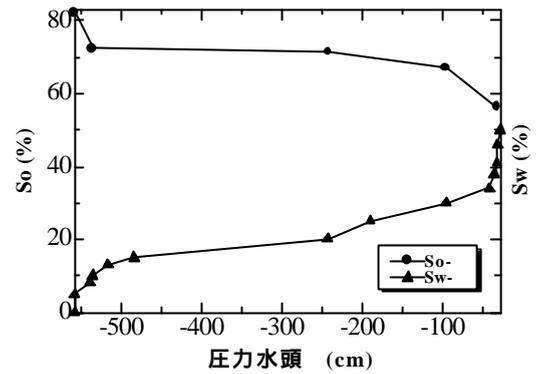


図-4 S_w と S_o の関係

表-1 回収率の比較

$S_w(\%)$	回収率(%) $I=0.5$				
	Water	Hydrogen peroxide	Water glass(1%)	Water glass(5%)	Sodium hydroxide
0	68	71	75	75	70
10	77	87	73	78	
20	75	87	73	74	73
30	71	75	75	75	
40	76	79	73	73	59

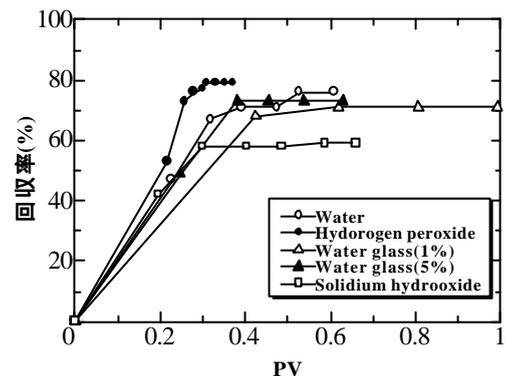


図-5 洗浄液 PV と回収率の関係

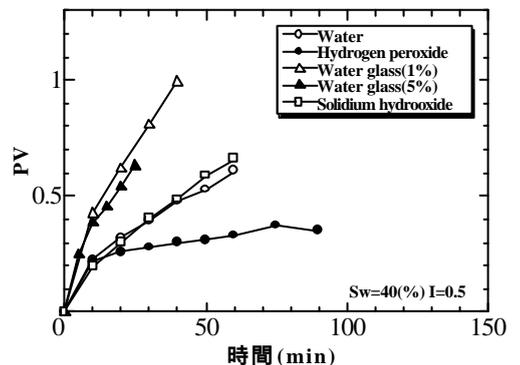


図-6 洗浄液 PV の変化