

灯油の飽和・不飽和カラム内の挙動に関する実験的研究

信州大学工学部 学○伏木 愛
 信州大学工学部 正 棚橋秀行
 信州大学工学部 藤縄克之
 (社)長野県薬剤師会 新村美博

1. はじめに

近年、油による地下水汚染が社会問題となってきた。そこで本研究では、地盤内における灯油の挙動を把握するため、室内カラム実験において水位を上昇・下降させたときの灯油の挙動を粒径の異なるガラスビーズで測定し、粒径および間隙率と実験の各段階における試料層内の灯油飽和度の関連を調べた。

2. 実験方法

2.1 実験試料

実験試料として、粒径が0.4mm、0.6mm、1.0mm、3.0mmのガラスビーズと、視覚的に確認しやすいようにズダンVIで着色した灯油を用いた。

2.2 実験方法

図-1に示すような、内径 $\phi=5.0\text{cm}$ の円筒アクリル製カラムに、試料層厚 $L=20.7\text{cm}$ でガラスビーズを水による飽和状態で充填し、以下の手順で連続して実験を行った。

【第1段階】全てのバルブを閉じた状態で、水位調節タンクを試料層下端からマンメーターの読みで $\Delta H=-20.0\text{cm}$ の位置まで低下させる。バルブ2を閉じたままバルブ1と3を開いて灯油タンクから灯油を浸透させ、灯油がカラム下端に達した時点でバルブ1と3を閉じる。その後、灯油タンクの減少分を測定し、カラム内に浸透した灯油の飽和度を求める。

【第2段階】全てのバルブを閉じた状態で、水位調節タンクを試料層表面からマンメーターの読みで $\Delta H=+2.5\text{cm}$ の位置まで上昇させる。上部キャップ、および灯油タンクを取り除くとともにバルブ2を開き、試料層上面の灯油を排出する。この状態からバルブ3を開くことによって、カラム内に上向きの水の流れを生じさせ、バルブ2より排出される灯油と水の量を時間とともに測定する。なお、この通水はカラム内の間隙体積の3倍(3 Pore Volume)で終了した。

【第3段階】バルブ3から給水パイプを外し、バルブ3より灯油・水を重力排出させ、その量を測定する。

【第4段階】重力排出終了後、カラム上部から2 Pore Volumeの水を通水したときの灯油・水の排出量を測定する。通水は、試料層上端がわずかに湛水する強度で行った。

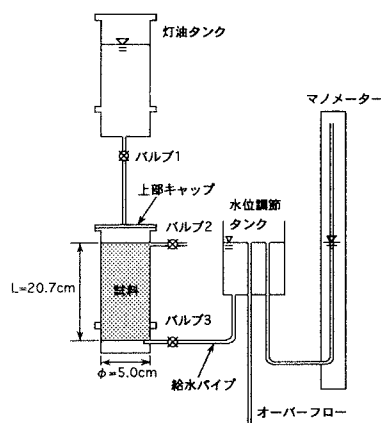


図-1 実験装置の概要

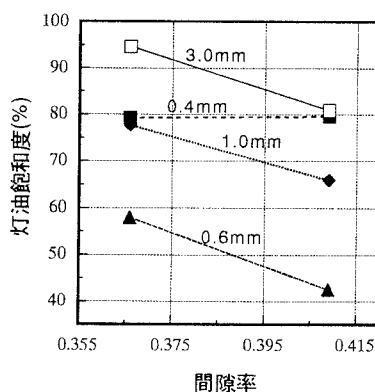


図-2 第1段階における灯油飽和度

4. 結果と考察

【第1段階】図-2に第1段階における灯油の飽和度を示す。本段階の灯油の浸透について予想された結果は、粒径が大きく間隙の大きい実験ケースほど灯油が多く浸透し、飽和度が大きくなるであろうというものであった。しかし、図-2に示すように、同一粒径でみると間隙率の大きいほう（間隙率 $e = 0.409$ ）が浸透灯油飽和度は少ないという予想に反した結果になった。また、同一間隙率でみても、0.4mmの方がはるかに0.6mmよりも灯油飽和度が大きく、予想していたような、粒径の大きなものに多く浸透し粒径の小さいものには浸透が少ないという結果にはならなかった。

【第2段階】図-3に第2段階の最終的な灯油の飽和度を示す。本段階の灯油の排出について予想された結果は、粒径が大きく、間隙の大きい実験ケースほど灯油が多く排出され、飽和度が小さくなるであろうというものであった。図-3から1.0mmと3.0mmの間隙の大きいほう（間隙率 $e = 0.409$ ）の飽和度の大小が若干逆転する以外ここでは予想された結果と同様なデータが得られた。

【第3段階】【第4段階】図-4に第3段階における灯油の飽和度を、図-5に第4段階における灯油の飽和度を示す。予想されたように、間隙率 $e = 0.366$ 、 $e = 0.409$ ともに灯油飽和度は粒径の大きいものほど小さくなった。同一粒径の場合、間隙率が大きい方が灯油飽和度は小さくなった。

以上のことから、間隙に灯油が浸透していく第1段階と、間隙に水が浸透して灯油が排出される第2～4段階では傾向が異なることが確認できた。水と灯油が間隙中に存在する状態では、ガラスビーズの表面にはまず水が接しており、この水に接する形で灯油が存在している。こういった存在状態が上記のことと何らかの関係性をもつと考えられる。

5. まとめ

ガラスビーズを充填した室内カラムを用いて、水位の上昇・下降による灯油の挙動を調べた。その結果、①間隙に灯油が浸透していく実験においては、同一粒径の場合間隙率が大きい実験ケースほど灯油が入っていかなかった。また、②同一間隙率の場合、粒径の大小と浸透量には相関がみられなかった。③間隙に水が浸透し、灯油が排出される実験においては、粒径が大きく間隙率が大きい実験ケースほど残留する灯油の飽和度が小さいという共通した傾向がみられた。以上のことから、灯油の挙動は浸透過程と排出過程で異なることが確認できた。

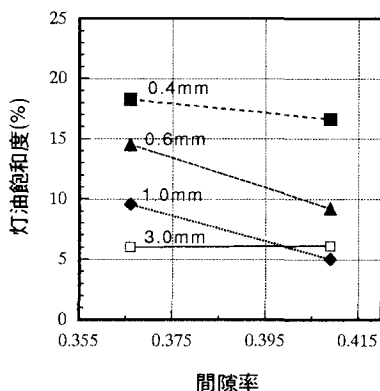


図-3 第2段階における灯油飽和度

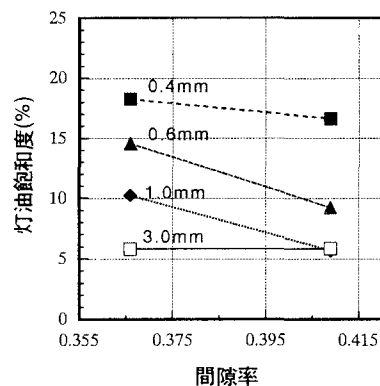


図-4 第3段階における灯油飽和度

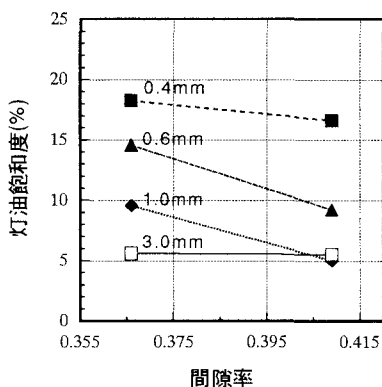


図-5 第4段階における灯油飽和度