

超音波作用による間隙内残留油の浄化の定量評価に関する研究

熊本大学 学生会員 ○出口功武 熊本大学大学院 正会員 椋木俊文

1. はじめに

ガソリンのような低比重難水溶性流体が工場等から漏出し長期間、広範囲に渡る地盤汚染が問題となっている。この油汚染地盤を浄化する方法として、水攻法やエアスパーキング法があるが、このような方法で浄化したとしても濡れ特性の相違から間隙内に油が残存し、不動化するすることがあり、完全に浄化することは困難である。そこで水と油のように本来混じり合わない 2 つの液体が超音波作用によって混じり合う乳化作用に注目した。この乳化作用により油の流動性を高め不動油の回収を行うことを目的とする。また、本研究では油がどの程度乳化したのかを UV-Vis 測定(紫外可視分光法)で評価し、間隙内の油がどの程度回収されたのかを CT 撮影で評価する。

2. 実験概要 (CT 撮影)

内径 70mm のアクリル製容器に 5%濃度の KI 水溶液 200ml を注入し、水中落下法でいわき珪砂 3 号 300g を入れ、流動パラフィン 100ml を容器下から注入し供試体を作成した。間隙内の油の変化を評価するために、試料を非破壊で密度差により内部を可視化することができる株式会社ニコンの検査用 CT 装置(Nikon Metrology XT H 320)を用いた。撮影条件は 230kV, 200mA でボクセルサイズは $5.1\mu\text{m}^3$ である。また本研究の超音波発生装置は株式会社 KAIJO のホーン型超音波装置 AUTO CHASER を用いた。超音波の周波数は 19.5kHz, 振幅 $20\mu\text{m}$, 出力 600W, 超音波照射時間 30 分で超音波照射前後の比較を行った。CT 撮影による結果を図 2, 図 3 に示す。

3. 実験概要 (UV-Vis 測定)

乳化量の評価を行うために、乳化液の濁度に着目し評価を行った。乳化液のような高濁度試料は濃度が大きくなるにつれ透過する光量は少なくなるが、反射する光量は多くなる。この濃度と反射率の比例関係から検量線を作成し、未知の物質の濃度を正確に求め定量的に評価することが可能である²⁾。

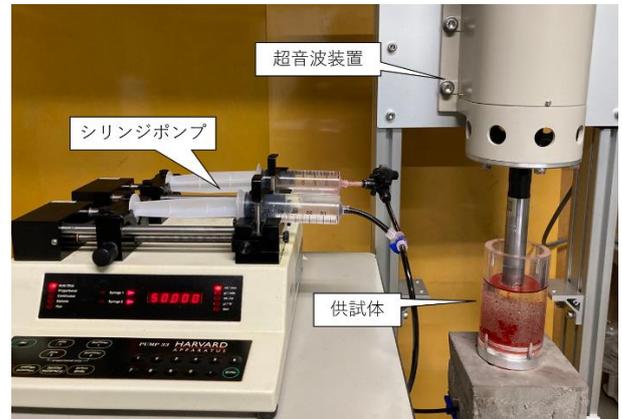


図 1. 実験様子

図 1 のような実験装置を用いて超音波照射実験を行う。本実験では蒸留水 200ml, ズダン IV で赤色に染色した流動パラフィン 10ml, ガラスビーズ 300g を用いて実験を行った。ここでガラスビーズを用いた理由は砂の場合、砂の細粒分による濁りが乳化液に影響を与え UV-Vis 測定を困難にさせるからである。超音波照射をして一定時間経過後、溶媒である水が完全に乳化し、これ以上乳化できない飽和状態になるため、図 1 のようにシリンジポンプを用いて 50ml/min の速度で 1000ml の溶媒を容器下から供給した。また、注入した分の水量を容器上から排出し、この排出した乳化液を UV-Vis 測定に用いた。UV-Vis 測定による結果を図 4, 表 1 に示す。

4. 実験結果

4. 1. CT 撮影結果

CT 画像を 3 値化処理した結果を図 2 に示す。図 2 よりある断面での超音波照射前後の画像を比較すると、超音波照射後の方が油の量が増えているように見える。図 3 に CT 画像の閾値のヒストグラムを示す。図 3 に示す below は空気の領域で above は KI と土粒子、それ以外は油の領域である。図 3 より超音波照射前の油の割合が 10.46% に対し、超音波照射後は 21.17% と増加してしまっている。このような結果となった原因として、油と KI 水溶液が乳化することにより、KI 水溶液が油に近い密度に変化したためだと考える。

4. 2. UV-Vis 測定結果

UV-Vis 測定を行った結果を図 4, 表 1 に示す. 図 4 において高濃度ほどグラフの上に位置する. 乳化液固有の波長は実験から 350nm 付近であることが分かっているため, 350nm の波長の反射率を採用する. 表 1 の全体水量は通水した量も含めた水量である. 油量は反射率を図 5 に示す乳化液の検量線により算出した. そしてこの 50ml 中の油量と全体水量から乳化液内の油の量を算出した. 結果より通水無しでは乳化液内に含まれる油の量が 0.424ml であり, 通水有りでは 1.642ml と通水無しの約 4 倍となった. この結果から, 超音波照射単体よりも通水と合わせることで回収油量が増加する.

5. おわりに

CT を用いて超音波照射前後の供試体内部の変化を評価し, UV-Vis 測定では乳化液内にどの程度油が含まれているかの評価を行った.

今後の CT の実験として, 閾値を客観的に決める手法を用い, また, 乳化液と油, 空気, KI 水溶液の見分けがつくような実験を行う予定である. UV-Vis 測定ではガラスビーズではなく砂を用いて実験ができるように工夫していく必要がある.

謝辞

本研究は基礎研究(C)課題番号 21K04257 による助成を受けて行われたものであり, ここに謝意を表す. また, 本研究を行うにあたって, 熊本大学鬼束優香技術職員, 佐藤宇紘技術職員, 吉永徹技術職員の多大なるご尽力により行うことができた. 厚く御礼を申し上げ, 感謝の意を表す.

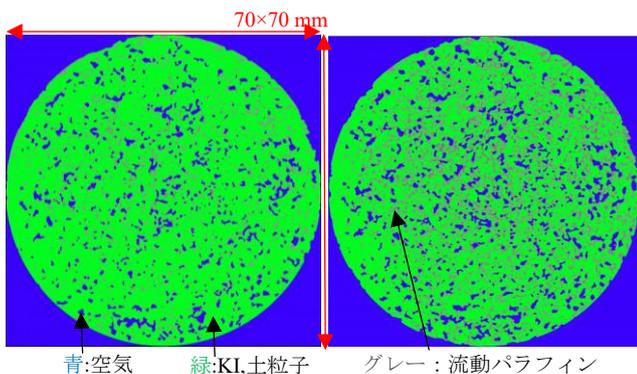


図 2. CT3 値化処理後画像(左超音波照射前, 右超音波照射後, 直径 70mm)

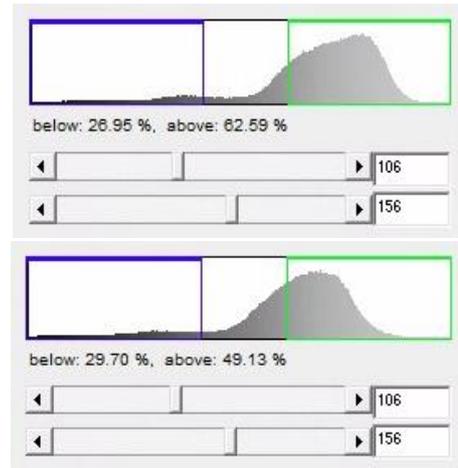


図 3. CT ヒストグラム(上: 超音波照射前, 下: 超音波照射後)

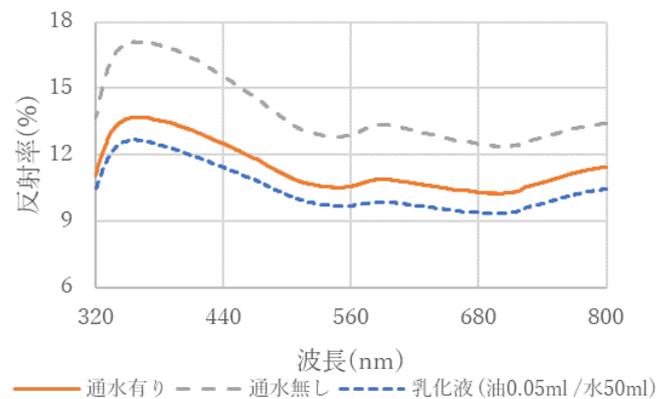


図 4. UV-Vis 測定結果

表 1. UV-Vis 測定結果

	反射率(%)	全体水量(ml)	油量(ml/水50ml)	乳化液内油量(ml)
通水無し	17.00	200.00	0.106	0.424
通水有り	13.62	1200.00	0.068	1.642

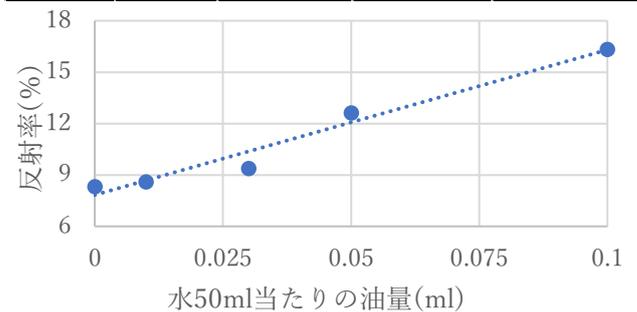


図 5. UV 検量線

<参考文献>

- 1) 今村聡: NAPL による地下水汚染, 機関誌「地下水技術」第 48 巻第 3 号, pp.19-28, 2006
- 2) 株式会社島津製作所: 高濁度試料に対する簡易定量法の紹介 UV TALK LETTER, Vol.15, pp.6-11, 2015