

VII-294 界面活性剤を用いた水/ディーゼルオイル間の界面張力低下特性に関する研究

東京大学工学系研究科

学生会員 片山 恵美子

名古屋大学工学研究科

Truong Hong Tien

名古屋大学難処理人工物研究センター

正会員 松林 宇一郎

1. まえがき

地下水汚染は生命に直接関係し、過去から時間差をおいて現在に出現し、近年予想外の拡がりを見せている。汚染物質やその浄化方法には様々なものがあるが、本研究では、地盤中のディーゼルオイル汚染を界面活性剤フラッシングで浄化する方法に着目し、油・水間の界面張力を低下させる界面活性剤の働きを利用して汚染物質を効率よく除去するためには、どのような界面活性剤を用い、界面活性剤の他にどのようなものを添加すればよいのかとうことを研究した。

2. 理論的考察

油/水/界面活性剤の系に NaCl を加えると、ある塩濃度範囲において、油と水の相のほかにミドル相と呼ばれる水と油が可溶した界面活性剤の相が形成されることがある。この時の界面張力は非常に小さくなる。このミドル相は用いる界面活性剤や油の種類によっては得られないことがあり、ミドル相形成のためには、界面活性剤の親油基の長さが除去したい油の炭化水素基を十分に抱え込めるほどの長さであり、同時に、油/水/界面活性剤の系の親水性・疎水性のバランスが良くなければならない。界面活性剤の親水性が強すぎる場合は、系にアルコールを添加することで、界面に存在する活性剤の層をより親油性にし、また油の非極性を減じることができる。

3. 実験

疎水基の長さと親水性・親油性のバランスとが異なる2つの界面活性剤について、各々に各種アルコールを添加することで、ディーゼルオイルとの間にどのような相挙動が生ずるか、また、塩濃度により界面張力がどのように変化するかを調べる。

今回の実験で用いた界面活性剤は、図1のような構造をもつスルホはく酸ジアルキルエステル(AOT)とドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム(SDBS)である。また、アルコールは炭素数が4, 5, 6の 2-ブタノール, 1-ペンタノール, 1-ヘキサノールを用いた。ディーゼルオイルはガスクロマトグラフィーマスマスペクトル(GCM)の結果, C_{14} , C_{15} , ... C_{21} の飽和炭化水素を含んでいることが分かった。

界面活性剤, アルコール, 塩, 水を、設定した割合で混ぜた溶液を作り、そこにディーゼルオイルを加え、よく振り、平衡に達するまで数日間各サンプルを静置しておく。なお温度はほぼ地下水の温度に近いものとして、15℃に設定した。ミドル相の形成されるサンプルが得られたら、その周辺の塩濃度のサンプルを作って、ミドル相がで始める塩濃度(最小塩濃度)とミドル相がなくなる塩濃度(最大塩濃度)とを調べる。そこから最適塩濃度(最小塩濃度と最大塩濃度の中間の塩濃度)を求め、スピニングドロップ界面張力計を用いて、最小・最大・最適塩濃度での油相・水相間の界面張力を測定する。

4. 実験結果と考察

4. 1 AOT(10g/l)溶液とディーゼルオイルの相挙動

塩濃度が 7g/l, 8g/l, 9g/l, ..., 14g/l のサンプルが3相にわかれた。本来のミドル相は透明で青白い色を帯びており、また下相はほとんど水なので(界面活性剤をやや含む)、透明な相となる。しかし今回の実験では、上が赤(ディーゼルオイル)に入れた染料のため、中相が透明、下相がやや赤く色ついたものとなっており、本来の3相ではないものとなった。その理由は、

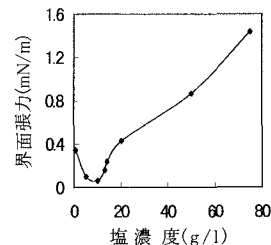
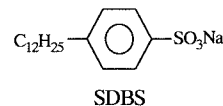
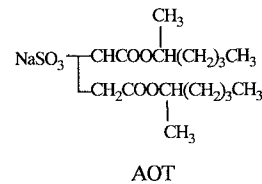


図-2 水-AOT(10g/l)-ディーゼルオイル系の界面張力の塩濃度変化(温度15度)

キーワード: 地下水汚染, 界面活性剤, 界面張力

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-5856 FAX 052-789-5857

ディーゼルオイルには炭素数の大きな成分も含まれているが、AOT は疎水基のCの長さはそれよりも短いので、十分にディーゼルオイルを抱えることができず、AOT がディーゼルオイルに対して十分な可溶性能力を持っていないためだと考えられる。図-2に水-AOT(10g/l)-ディーゼルオイル系の界面張力の塩濃度変化を示す。また、この系はミドル相が表れなかったため、2-ブタノール(30g/l)、1-ペンタノール(30g/l)、1-ヘキサノール(30g/l)をそれぞれ加えて、系をより親油性なものにしたが、AOT ではどの場合もミドル相を得ることはできなかった。

4. 2 SDBS 溶液とディーゼルオイルの相挙動

SDBS(10g/l)溶液を用いて、AOT と同様に塩濃度変化による相挙動を見たが、SDBS とディーゼルオイルの系もミドル相を形成しなかった。界面張力の測定結果を図-3に示す。SDBS の場合、AOT のような本来の3相とは異なる3相は得られなかったため、SDBS の親油基の長さはディーゼルオイルに対して十分な長さをもっていることが分かる。しかし SDBS 単独では親水性・疎水性のバランスが良くないためミドル相が得られなかったと考えられる。そこで表1のように、SDBS 濃度やアルコールの種類・濃度を変化させて実験したところ、SDBS(10g/l)+1-ヘキサノール(30g/l)の系以外はミドル相が得られた。

表-1 SDBS とアルコールの組合せ

SDBS 濃度(g/l)	アルコール	
	種類	濃度(g/l)
10	2-ブタノール	30
10	2-ブタノール	40
10	2-ブタノール	50
10	1-ペンタノール	30
10	1-ヘキサノール	30
15	2-ブタノール	45

そこで、ミドル相が得られた各系の最小・最適・最大塩濃度での界面張力の測定結果を図-5にまとめる。まず SDBS(10g/l)に 2-ブタノール濃度を 30,40,50g/l と変えた場合について比較すると、2-ブタノールの濃度が高くなるにつれて 3 相になる塩濃度範囲が大きくなり、さらに最適塩濃度での界面張力を比較してみると、2-ブタノールの濃度を 30g/l から 40g/l に変えた場合、わずかの界面張力の低下が見られ、また 50g/l に変えた場合、大きく界面張力を減じることができた。次に、ともに濃度が 30g/l の 2-ブタノールと 1-ペンタノールとを比較してみると、添加するアルコールの鎖長を長くすることによって低塩濃度で低界面張力を得ることができるが、3相になる塩濃度の範囲が狭くなり不安定な系となる。そのような系を地表面下で用いると地下水による希釈が原因で塩濃度が変化し、それに伴って界面張力も上昇すると思われるため、地下水汚染への実用は難しい。さらに、SDBS(15g/l)+2-ブタノール(45g/l)の系と SDBS(10g/l)+2-ブタノール(50g/l)の系とを比較する。これらは、界面活性剤とアルコールの総量が一定(2-ブタノール+SDBS=60g/l)で、それぞれの割合を変えたものである。これより、2-ブタノール+SDBS=60g/lを一定で各割合を変えたときの WinsorIIIの塩濃度範囲には、SDBS(10g/l)+2-ブタノール(50g/l)の系と、SDBS(15g/l)+2-ブタノール(45g/l)の系とでは、それほど大きな違いは見られず、最適塩濃度での界面張力は2-ブタノールの割合の多い方がやや減少していた。この場合のように、界面活性剤とアルコールの総量が一定にして各割合を変えても界面張力に大きな変化が見られない場合は、実用する際は、コストの低い方(この場合では2-ブタノール)の割合を多くすることで経済的になる。

5 まとめ

ディーゼルオイルを対象に 2 種類の界面活性剤について、適切なアルコールを添加することにより、また、塩濃度を招請することにより界面張力を小さく出来ることを確認した。今後は、最適混合の定式化を検討したい。

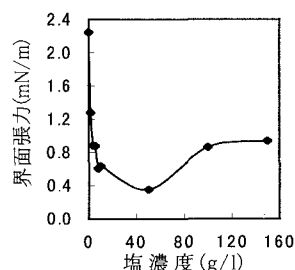


図-3 水-SDBS(10g/l)-ディーゼルオイル系の界面張力の塩濃度変化(温度15°C)

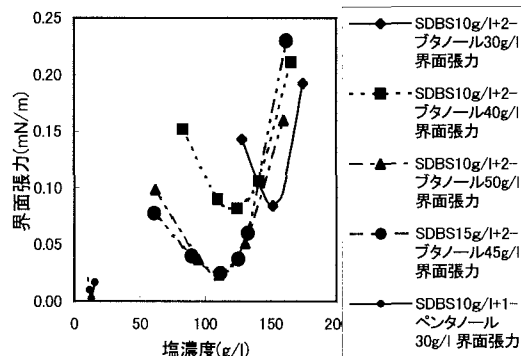


図-5 SDBS+アルコール各種系の最小・最適・最大塩濃度での界面張力