

水/アルコール溶媒による洗浄

Detergency in Water/alcohol Mixtures

ライフサイエンス専攻 洗浄科学研究室 0340414 末光 瞳 Hitomi SUEMITSU

1. 緒言

水にアルコールを 30 mol% (50 wt%) 前後混合すると、溶液の粘度は極大を示す¹⁾とともに、この溶媒からの繊維に対する染料の染着は極小となる効果があらわれる²⁾ことがこれまでに明らかになっている。そこで、染色とは逆に汚れの除去・洗浄にこの現象が応用できないか、との観点から、溶媒の物性と洗浄性との関連性について探った。さらに界面活性剤の添加がどのように影響するかについても調べることにした。

2. 実験

水/アルコール/界面活性剤の混合比を変えた溶媒について、導電率測定、人工多成分汚染布および単一油脂汚染布に対する振盪洗浄実験を行った。

2.1 試料

- ・水：逆浸透膜処理 → イオン交換処理
- ・エタノール： $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (46.07 g/mol)
試薬特級 (関東化学)，純度 99.5 %
- ・エチレングリコール： $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ (62.07 g/mol)
試薬特級 (関東化学)，純度 99.5 %，99.0 %
- ・界面活性剤：n ドデシル硫酸ナトリウム (SDS)
試薬 1 級 (関東化学)，純度 約 88 %
- ・人工汚染布：油脂，タンパク質，無機成分 (土壌，カーボンブラック) を水分散浴で汚染した綿布 (洗濯科学協会)
- ・油脂汚染布：パルミチン酸 (純度 95 %，東京化成工業) をメタノール (純度 99.7 %，関東化学) 溶媒から滴下汚染した綿布

2.2 方法

すべての実験において温度 25°C，水との混合溶媒中のアルコールのモル濃度 0~100 mol%，SDS 添加濃度 0，0.05，0.2 wt% で行った。

1) 導電率測定 (電極法)

- ・測定機器：デジタル電気伝導度 CM-15A (東亜電波工業)

2) 多成分の人工汚染布に対する振盪洗浄実験

- ・洗浄条件：溶媒 100 mL と人工汚染布 1 枚を 200 mL 容量ガラス瓶に入れ，振盪数 92 cpm，30 分間洗浄。
- ・乾燥：ろ紙で挟んで脱水，アイロンをかけた。
- ・評価：洗浄前後の人工汚染布の表面反射率を測定し，ケルカ・ムンク式に変換して洗浄効率を算出した。

3) 油脂汚染布に対する振盪洗浄実験

- ・洗浄条件：溶媒 50 mL と人工汚染布 1 枚をガラス瓶に入れ，振盪数 92 cpm，30 分間洗浄。
- ・乾燥：ろ紙で挟んで脱水後，①自然乾燥，②アイロンをかけて乾燥，③デシケーター中で 3 日間乾燥，④80 °C，30 分間熱処理，⑤水 50 mL ですすぎ (洗浄と同

条件) 後，自然乾燥した。

- ・評価：DSC により，洗浄前後の汚染布の吸熱量から油脂を定量し，除去率を洗浄効率として算出した。

3. 結果と考察

3.1 導電率

- ・水/アルコール溶媒：アルコールの割合を変化させると，純水と純アルコールそれぞれの導電率を結んだ直線関係にはならず，それよりもはるかに低い値を示した。エタノールでは 20 mol%，エチレングリコールでは 30 mol% 以上で導電率はほぼ一定になる。
- ・水/アルコール/SDS 溶媒 (Fig. 1)：エタノールでは，エタノール濃度増加にともない導電率は減少し，20 mol% 以上ではほぼ一定になる。従って，SDS の有無にかかわらず 20 mol% 以上ではアルコールの性質が強くてている。エチレングリコールでは，エチレングリコール濃度増加にともない導電率は連続的に減少する。エチレングリコールは SDS の解離を抑える傾向があると考えられる。

3.2 洗浄性

1) 多成分汚れに対する洗浄性

- ・水/エタノール系 (Fig. 2)：およそ 20 mol% まではアルコールを混合した影響が見られないが，それ以上で洗浄効率が増加し始める。水のみ SDS を添加すると，その添加量に応じて洗浄効率は高くなるが，エタノールを混合すると，洗浄効率が低下し，15 mol% で極小となる。それ以上のエタノール濃度では，どの SDS 濃度でも洗浄効率はほぼ一致し，SDS の効果は現れない。

- ・水/エチレングリコール系 (Fig. 3)：エチレングリコールの混合比が，10 mol% までは洗浄効率が増加し，それ以上では洗浄効率はほぼ一定になる。0.2 % SDS の系では，5 mol% アルコールで小さな極大を示し，約 20 mol% 以上では 0 % SDS の系の洗浄効率とほぼ一致し，SDS の効果は現れない。

2) 油脂汚れに対する洗浄性

- ・水/エタノール系 (Fig. 4)：エタノールの混合比 20 mol% 以上で洗浄効率は増加し，多成分汚れに対する洗浄性と同傾向を示す。また，SDS を添加してもその効果は見られない。
- ・水/エチレングリコール系 (Fig. 5)：多成分汚れに対する洗浄性と同様に，10 mol% までに洗浄効率は増加し，それ以上ではほぼ一定を保つ。しかし，洗浄後の汚染布をアイロンやオープンで熱乾燥すると，その洗浄効率は著しく増加する。一方，洗浄後に水すすぎ

を行うと、すすがず自然乾燥した場合より低下し、全くパルミチン酸が除去されていない。これらの結果から、次のように考えた。水にエチレングリコールを添加すると、溶液の表面張力が低下することから、エチレングリコールが表界面に吸着することは明らかである。パルミチン酸は洗浄中に洗液に溶け出しているのではなく、エチレングリコールと共に汚染布上にとどまっている。エチレングリコールは油脂との界面に吸着している。水すすぎによって、水との混和性の高いエチレングリコールのみが汚染布から除去され、油脂は除去されない。すすぎを行わず自然乾燥をした場合、汚染布上にとどまった油脂は、エチレングリコールの蒸発と共に除去され、さらに熱が加わると、より油脂が除去される。また、SDS を 0.2 % 添加した場合は、添加していない場合とほとんど変わらなかった。これはエチレングリコール自体界面活性であるため、SDS の効果は現われないと考えられる。

3.3 洗浄性と溶液物性・溶液構造

- ・導電率の結果から、溶液内部では単純な混合液体ではなく、水よりもアルコールの性質のほうが強くなるという事が明らかになった。エタノールについては、Sato ら³⁾による誘電緩和測定の結果・考察とも矛盾しない。即ち、エタノール 18 mol% 以上では、もはや水溶液の性質を持たず、アルコール分子は純粋なアルコール中とほぼ同じ環境下にあると考えられる。このことは、本研究でのエタノール 20 mol% 以上で洗浄性が増加し、しかも SDS の添加効果は消失するという事実を説明するものである。
- ・エチレングリコールについては、10 mol%、30 mol% を境に 3 つの領域に分けられることを Huo ら⁴⁾が熱力学研究により、明らかにしている。本研究の結果では 10 mol% で洗浄性がほぼ一定になることから、洗浄性と溶液の動的構造を関連づけて考える必要があることを示唆している。

4. 結言

熱力学的研究などによる溶液の動的構造の境界濃度と、本研究での洗浄性における境界濃度がほぼ一致していることから、溶液の分子動学的観点から洗浄機構を検討することが有用であろう。

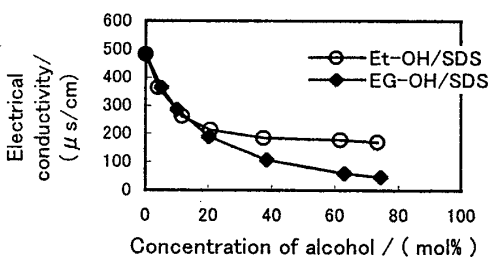


Fig.1 Electrical conductivity vs. concentration of alcohols with 0.2% SDS

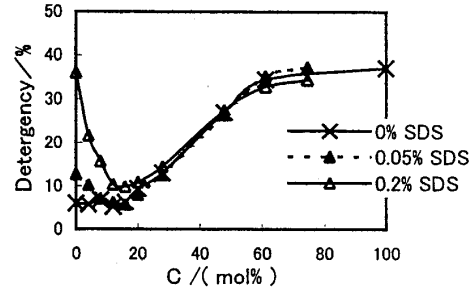


Fig.2 Detergency of artificially soiled cloth vs. concentration of ethanol

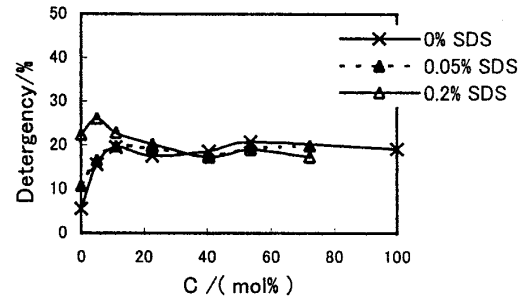


Fig.3 Detergency of artificially soiled cloth vs. concentration of ethylene glycol

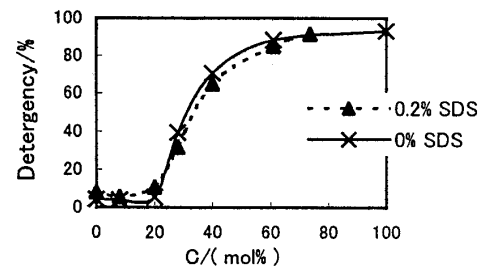


Fig.4 Detergency of palmitic acid soiled cloth vs. concentration of ethanol

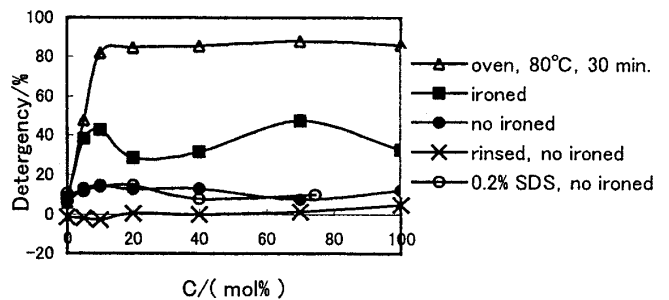


Fig.5 Detergency of palmitic acid soiled cloth vs. concentration of ethylene glycol

<引用文献>

- 1) 指田美和, お茶の水女子大学, 卒業論文 (1999)
- 2) 裴淑姫, 駒城素子, 中島利誠; 繊維誌, 48, 704 (1992)
- 3) T.Sato et al., J.Chem.Phys., 108(10), 4138-4147(1998)
- 4) Huo J-Y et al., J.Solution Chem., 17, 601(1998)

<発表状況>

- 1) 生活工学研究, 5 (2), 252-255 (2003)
- 2) 繊維学会秋季研究発表予稿集 2003, 58(3), 132 (2003)
- 3) 生活工学研究, 6 (2), 198-201 (2004)
- 4) 繊維学会年次大会研究発表予稿集 2004, 59 (1), 140 (2004)
- 5) 生活工学研究, 7 (1), (2004)

(指導教員 駒城 素子)