

液晶形成による油脂汚れの洗浄機構

Formation of Liquid Crystal and Removal of Fatty Soil in Detergency

鳥居 一美・駒城 素子

Hitomi TORII and Motoko KOMAKI

(お茶の水女子大学大学院 人間文化研究科ライフサイエンス専攻)

1. はじめに

油脂汚れの洗浄機構に関しては、様々なモデルが提案されている。よく知られるものとして界面活性剤による液体状油脂のローリングアップ機構や乳化、界面活性剤ミセルによる可溶化で洗浄機構を説明するものがある。さらにはアルカリによる脂肪酸汚れの石鹼形成による機構もある。ここでは、Lawrence の提唱した、界面活性剤-水-油脂の3成分液晶形成による洗浄機構に着目し、これまで行われてきた研究を紹介し、今後の展望について述べる。

2. Lawrence の penetration 機構¹⁾

Lawrence は洗浄系を界面活性剤-水-油脂の3成分系とみなし、界面活性剤水溶液が油脂の内部に浸透することによってこれら3成分が液晶相を形成し、その液晶が外部の界面活性剤水溶液に溶解するという機構を提唱している。ローリングアップで油性汚れの洗浄を説明する際には、その油性汚れが必ず液体状でなければならないのに対して、この機構では、油脂汚れが液体状である必要は全く無い。これは、3成分からなる液晶が安定に存在する最低限界温度、すなわち浸透(penetration)温度 T_{pen} が、一般に界面活性剤の Krafft 点や油脂の融点より低いためである。実際の洗濯において、油脂汚れは固体状で存在する場合が多いと考えられるので、この Lawrence の機構は油脂汚れの洗浄機構の解明には重要であると思われる。

3. 液晶形成と洗浄効率

油脂中に界面活性剤水溶液が浸透し、界面活性剤水溶液-水-油脂の3成分からなる液晶が生成する現象を penetration 現象といい、こ

れが Lawrence の機構の核となる。

常温で固体の油脂を2種モデル汚れとした SDS-水-油脂(パルミチン酸:ステアリン酸=4:1)の3成分系において、液晶の存在する領域と温度の関係を Fig.1 に示す。ここで液晶は偏光顕微鏡で観察している。

今、20%SDS について考えると、30℃では Z 線上に液晶の存在する領域はない。すなわち30℃以下では、20%SDS 水溶液がこのモデル油脂中に浸透しても液晶は形成されない。しかし温度が35℃以上になると、液晶が存在する領域が Z 線上にあり、明らかに液晶が形成されることがわかる。

この3成分液晶形成現象が実際の洗浄でどの程度生じるのかは、Fig.2に示したモデル汚れ(パルミチン酸:ステアリン酸=4:1)の SDS (0.4%)による洗浄実験の結果²⁾から推測できる。Fig. 2より、50℃付近、つまり本モデル汚れの T_{pen} 以上で洗浄率が急激に増大することが明らかである。このことは、油脂汚れの洗浄に penetration 現象が密接に関係していることを示す。

山田らは、実用的な洗浄条件に近い濃度でも、洗剤(界面活性剤)が汚れに対し一定量以上存在するならば、ある温度以上で油脂-水-界面活性剤3成分液晶が形成され、油脂汚れの液晶への転化が洗浄に寄与することを確認している^{3),4)}。

谷田貝らは、常温で液体の油脂(オレイン酸;融点 13.4℃)をモデル汚れとした、SDS-水-モデル汚れの3成分系についても同様の結果を得ている⁵⁾。Fig.3は10%SDS 水溶液に、オレイン酸汚染セルロースを所定時間浸漬した場合の DSC 曲線である。偏光顕微鏡観察の結果

から、この洗浄条件において、SDS 水溶液とオレイン酸との接触界面に液晶相の形成が認められた。

Fig.3 では、洗浄時間が1分を超える頃から 2~6℃付近にブロードな吸熱ピークが現れ始め、洗浄時間の経過とともに大きくなり、やがて再び小さくなっている。このピークは予備実験から液晶相由来のものと確認されている。オレイン酸の融点のピークが洗浄時間の経過とともに小さくなっていることと併せて考えると、洗浄過程における液晶形成がオレイン酸の除去に関与していることが考えられる。

4. おわりに

本研究室におけるこれまでの研究で、PHA(ビルダー)と脂肪酸(油性汚れ)が複合体を形成すること、偏光顕微鏡観察によりこの複合体が液晶様であることがわかっている^{6),7)}。ビルダーは、それ自身は界面活性剤のような働きをもたないが、界面活性剤と一緒に用いることでその洗浄力を大きく高める働きを持つとされてきた。しかし、Lawrence の提唱する界面活性剤-水-油脂の3成分液晶形成による洗浄機構が、PHA-水-油脂の3成分液晶形成でも説明できるとすれば、ビルダー自身が油脂汚れの洗浄に関与するということと言えるであろう。この観点から、PHA-水-油脂の3成分液晶形成についてさらなる研究を進める必要がある。

【引用文献】

- 1) A.S.C.Lawrence, Surface Activity and Detergency (K.Durham ed.), Butterworths, London, 158(1961)
- 2) 山田泉、黒岩茂隆、家政学会誌, 37, 543, (1986)
- 3) 山田泉、黒岩茂隆、家政学会誌, 37, 1063(1986)
- 4) 山田泉、河井範子、黒岩茂隆、油化学, 39, 405 (1990)
- 5) 谷田貝麻美子、駒城素子、中島利誠、橋本寿正、家政学会誌, 41, 1071, (1990)
- 6) 金淑景、お茶の水女子大学修士論文, (2001)
- 7) 飯田桃子、お茶の水女子大学修士論文, (2002)

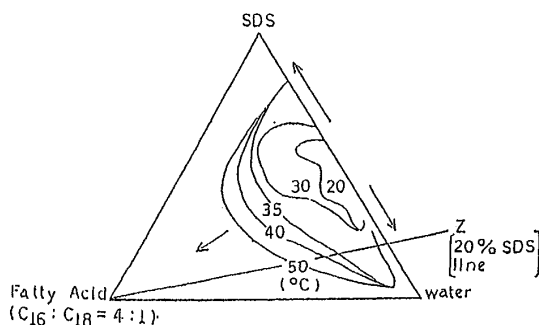


Fig.1 The areas of the liquid crystal in the ternary systems at different temperatures²⁾

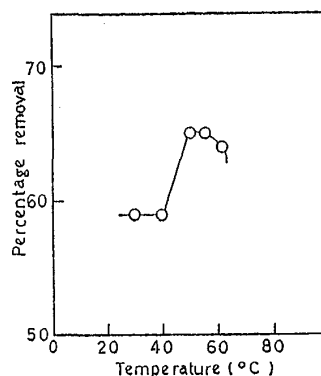


Fig.2 The removal of fatty acid by washing with 0.4% SDS aqueous solution as a function of temperature²⁾

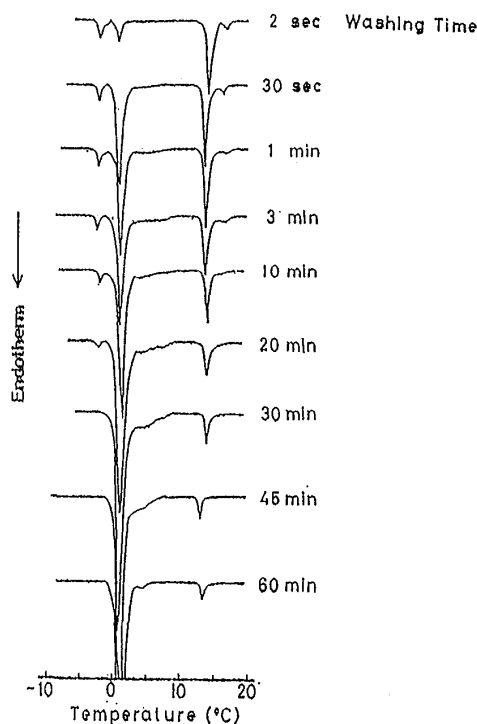


Fig.3 DSC curves for cellulose specimens soiled with oleic acid and then washed with 10% aqueous SDS solution at 20 °C for various washing times⁵⁾ Heating rate: 1°C/min.