

Sodium n-Alkylsulfate 의 Alkyl group 의 鎖長과 洗滌性

—洗滌溫度 變化를 中心으로—

丁 慶 明 · 柳 孝 仙 · 金 聲 連

서울대학교 家政大學 衣類學科

The Effects of Temperature on the Detergency of Nan-Alkylsulfates havign Different Chain Length

—the effects of washing temperature—

Kyung Myung Jeong, Hyo Seon Ryu, and Sung Reon Kim

Dept. of Clothing and Textiles, College of Home Economics, Seoul National University

(1983. 6. 10 접수)

Abstract

There have been two supposition that the decrement of fatty soil removal at high temperature was caused by surfactants and by the structure of fibers and Fabrics.

To study the effect of temperature on the removal of fatty soil, the following variables were selected: Sodium n-alkylsulfates having various chain lengths of alkyl groups as surfactants, cotton and cuprammonium rayon as cellulose fibers having different fiber structure, and two types of soil having different melting points.

Experiment was carried out with radiotagged soil and detergency was estimated by liquid scintillation counting.

The results were as following: the detergency of tripalmitin on cotton was increased with elevating temperature up to 60~70°C and decreased above 70°C regardless of alkyl chain length of sodium n-alkylsulfates.

In distilled water without surfactant, the detergency of tripalmitin on cotton was also decreased above 70°C, but the detergency of tripalmitin on cuprammonium rayon was not decreased above 70°C. effects seemed to be caused by fiber structure.

Though the melting point of mixture of tripalmitin and dodecane was lower than that of tripalmitin, the optimum and decrement temperature of detergency were not altered.

Finally the results of this study were shown that the surfactant and characteristics of soil did not affect on the mode of detergency vs temperature, but the fiber structure.

인 特性이 變化하여 洗滌性이 增加되는 것으로 알려져 있으나, 最近의 研究에 依하면 가장 높은 溫度에서 반드시 最大의 洗滌率을 나타내지 않는다는 것이 밝혀져 이 原因을 究明하려는 實驗이 많이 이루어졌다^{1~5)}.

I. 緒 論

一般的으로 溫度가 올라가면 洗滌系의 物理, 化學的

Fort 等²⁾은 sodium laurylsulfate(SLS) 溶液으로 폴리에스테르를 洗滌한 結果, stearic acid의 洗滌性은 20°C<40°C<80°C<60°C의 順으로, octadecyl alcohol의 洗滌性은 20°C<80°C<60°C<40°C의 順으로, glyceryl tristearate의 洗滌性은 20°C<40°C<80°C의 順으로 나타나 모두 어느 限界溫度以上에서 洗滌性이 떨어진다고 하였다. 이러한 現象에 대하여 그는 汚染의 融點 以上에서 溶融狀態인 汚染이 폴리에스테르 纖維 內部로 擴散되어 들어가 洗滌性이 低下된다고 하였다.

또 Schott³⁾는 Fort의 結果에 對해서, 合成纖維의 glass transition temperature (Tg) 近處에서 纖維內部 構造의 變化로 汚染이 쉽게 纖維內部로 浸透하기 때문 일 것이라고 하였다.

李 美植⁴⁾은 綿織物로부터 Na-DBS와 SLS에 依한 溫度變化에 따른 洗滌率을 C¹⁴로 tag된 tripalmitin의 洗滌率로 실험한 結果, Na-DBS에서는 溫度가 上昇됨에 따라 洗滌性이 增加하여 40°C에서 最大洗滌性을 보인 다음 60°C에서 洗滌性이 低下되고 以上이 되면 다시 增加되었다. 그리고 SLS에서는 溫度가 上昇됨에 따라 洗滌性이 增加되어 40°C에서 最大洗滌性을 보인 다음 그 以上の 溫度에서는 洗滌性이 떨어져서 70°C에서 最低洗滌性을 보이고 80°C에서 다시 增加되기 시작하였다. 이러한 結果에 對해서, 이 溫度 범위에서 綿纖維의 Tg가 存在하지 않으므로 60°C에서 洗滌性이 低下되는 現象을 Tg로는 說明할 수 없고, 陰 ion系에 導入된 sulfonate와 sulfate group이 親水性을 向上시켜 micelle aggregate number를 작게하므로 脂溶性 汚染의 可溶化가 減少되고, 또 汚染이 融點 近處에서 纖維內部로 쉽게 浸透되므로 그 除去가 더욱 어렵게 되어 나타나는 現象이라고 추측하였다.

또 朴 桂賢⁵⁾은 alkyl group의 鎖長을 달리한 비누들을 사용하여 溫度變化에 따른 tripalmitin의 洗滌性을 實驗한 結果, 比較的 낮은 溫度에서는 모든 비누에서 溫度 上昇에 따라 洗滌性이 增加되다가 어느 溫度 以上이 되면 洗滌性이 低下되고 비누의 alkyl group의 鎖長이 길어짐에 따라 最大洗滌性을 나타내는 溫度가 높아졌는데 이러한 結果에 對하여 界面活性劑의 特性과 關係가 있다고 추측하였다.

以上の 先行研究에서 살펴 보았듯이 洗滌溫度가 洗滌性에 미치는 影響에 關해서는 洗劑의 種類, 汚染의 特性, 그리고 纖維의 性質 등이 관계되고 있다는 程度만 알 수 있을 뿐 溫度가 어느 限界 以上 올라가면 洗滌性이 오히려 低下되는 現象에 對해서는 明確한 結論

이 없다.

그러므로 本 研究에서는 높은 溫度에서 洗滌性이 低下되는 原因을 確認하고자 다음의 變因을 擇하여 溫度變化에 따른 洗滌性을 검토하였다.

첫째 界面活性劑로는 sodium n-alkylsulfate를 擇하여 alkyl group의 鎖長을 變化시키고, 둘째 纖維는 cellulose 纖維인 綿과 cuprammonium rayon을 擇하여 纖維의 形態를 달리하고, 셋째 汚染은 tripalmitin과 여기에 dodecane을 配合하여 融點을 變化시켰다.

洗滌性의 評價는 liquid scintillation counting⁵⁻⁸⁾으로, radiotracer로는 C¹⁴으로 標識된 tripalmitin을 使用하여 洗滌前後의 radioactivity를 測定하여 洗滌率을 計算하였다.

II. 實 驗

1. 試驗布 및 試藥

1) 試驗布

綿: Cotton lawn 生地를 拔糊, 精練, 漂白한 後, 충분히 水洗하고 自然乾燥하였다. 乾燥한 試料를 다시 benzene: ethanol(2:1)의 共沸混合物로 soxhlet 抽出器로 8時間 抽出하였다.

Cuprammonium rayon: Cuprammonium rayon taffeta를 80~90°C의 순수에 2시간 浸漬하여 拔糊後 Na₂CO₃ 10%(o.w.f), 非 ion系 界面活性劑 2%(o.w.f)를 넣고 2時間 精練한 後, 충분히 水洗하고 自然乾燥하였다. 乾燥한 試料는 benzene: ethanol(2:1)의 共沸混合物로 soxhlet 抽出器로 8時間 抽出하였다.

위와 같이 處理한 試驗布는 3.5 cm×7.5 cm로 작르고 가장자리의 울을 풀어 105±2°C의 oven에서 1時間 乾燥한 後, desiccator 中에 保存하였다.

拔糊, 精練, 漂白, 抽出을 마친 試驗布의 特性은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of Fabrics

Materials	cotton	cuprammonium rayon
Weave Construction	plain	plain
Yarn number: warp	60 Ne	74.4 den
weft	60 Ne	165.2 den
Fabric count(ends & picks)/5cm	185.0×179.1	183.1×183.1
Thickness(mm)	0.189	0.169

2) 試 藥

- Decyl alcohol: 試藥特級(日本東京化學工業(株))
- Dodecyl alcohol: 試藥特級(日本東京化學工業(株))
- Tetradecyl alcohol: 試藥特級(日本東京化學工業(株))
- Hexadecyl alcohol: 試藥特級(日本東京化學工業(株))
- Octadecyl alcohol: 試藥特級(日本東京化學工業(株))
- 黃酸: 試藥一級(日本純正化學工業(株))
- 水酸化나트륨: 試藥一級(日本東京應化工業(株))
- n-dodecane: 試藥特級(日本東京化成工業(株))
- Glycerol tripalmitate: 試藥特級(日本東京化成工業(株))
- Benzene: 試藥一級(日本石津製藥(株))
- Toluene: scintillation grade(Merk)
- 2,5-Diphenyl oxazol(PPO): scintillation grade(Merk)
- 2,2'-p-phenylen bis(5-phenyl oxazol) (POPOP): Scintillation grade(Merk)
- Radiotracers: glycerol tri(1-C¹⁴) palmitate
- Specific activity: 57 mCi/mmol
- Radioactive concentration: 50 μCi/ml
- Radiochemical purity by T.L.C. on silicagel:99% (The Radio Chemical Center, Amersham)
- Scintillation solution: 6.0g 의 PPO와 0.1g 의 POPOP 를 1,000 ml toluene 에 溶解시킨다.

2. 實驗方法

1) Sodium n-alkylsulfates 의 合成

n-alcohol⁹⁾과 濃黃酸은 mol比率 1:1.7이 되도록 反應시킨다¹⁰⁾. 이때 stirrer를 裝置한 3 flask에 n-alcohol을 넣고 水槽內에 裝置하여 alcohol의 融點¹⁰⁾보다 2°C程度 높게 維持하면서 갈대기를 통하여 濃黃酸을 添加하고 反應이 계속되는 동안 격렬하게 저어주면서 20分間 反應시켰다. 反應이 끝난 後, 20% NaOH

Table 2. The Purity of Sodium n-alkylsulfates

Sodium n-alkylsulfates	purity(%)
Sodium decylsulfate(C ₁₀)	92.1
Sodium dodecylsulfate(C ₁₂)	92.7
Sodium tetradecylsulfate(C ₁₄)	89.4
Sodium hexadecylsulfate(C ₁₆)	92.0
Sodium octadecylsulfate(C ₁₈)	88.7

로 中和하고 乾燥하였다. 乾燥한 試料은 ethanol로 界面活性劑를 抽出하여 Na₂SO₄를 除去하고 ethanol中에서 再結晶하여 使用하였다^{11~14)}.

再結晶하여 얻은 sodium n-alkylsulfates의 純度는 Table 2와 같다.

2) 汚染布의 製作

汚染은 非極性 脂溶性 汚染인 tripalmitin과 n-dodecane을 Table 3와 같이 組成하였다.

Table 3. Composition of Soils

component	I	II
tripalmitin(g)	0.500	0.300
n-dodecane(g)	0.000	0.200
melting point(°C)	66	52-55

上記 汚染 0.5g을 10 ml volumetric flask에 넣고 C¹⁴로 標識된 tripalmitin을 1μCi程度의 방사활동도가 되게 넣어준 다음, benzene을 눈금까지 채워 tripalmitin을 溶解시켜서 5%(w/v)의 汚染液을 만들었다.

汚染液을 micropipet으로 試驗布 一枚當 100 μl씩 均一하게 點滴하였다.

이렇게 얻어진 汚染布 一枚의 비방사 활동도는 20,000~25,000 count per minute(c.p.m.)程度가 되도록 하였다.

以上과 같이 製作한 汚染布는 20°C, 65% RH에서 一週日동안 熟成시킨 後, desiccator에 넣고 冷蔵庫에 保管하여 使用하였다.

3) 洗 滌

250 ml 共容 flask에 0.25% sodium n-alkylsulfate 溶液 100 ml을 넣고 恒溫攪拌水槽에서 所定의 溫度로 豫熱한 다음, 汚染布 一枚를 넣고 200±1 cycle/min으로 20分間 洗滌하였다. 洗滌한 試驗布는 洗滌時와 같은 溫度의 純水로 5分間 3回 평균 後, 自然乾燥하였다.

4) 洗滌性의 評價

洗滌한 汚染布를 20 ml vial壁에 垂直으로 붙여 놓은 다음, scintillation solution을 18 ml씩 넣었다. scintillation solution이 담긴 vial은 liquid scintillation counter(Parkard TRI-CARB Spectrometer)에서 5分間 2回 counting하여 平均한 c.p.m.으로 다음의 式에 依하여 洗滌率을 計算하였다.

$$\text{洗滌率(\%)} = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100$$

D₁ = 洗滌前 汚染布의 c.p.m.

D₂=洗滌後 汚染布의 c.p.m.

5) 表面張力の測定

各界面活性劑의 比表面張力을 KSM 2709의 合成洗劑의 試驗方法에 따라 測定하여 다음의 式으로 表面張力을 求하였다.

表面張力=比表面張力×물의表面張力

III. 結果 및 考察

1. 洗滌溫度에 따른 tripalmitin의 洗滌性

溫度變化에 따른 tripalmitin의 洗滌性이 sodium n-alkylsulfate의 alkyl group의 鎖長과 어떤 相關關係가 있는가를 알아보기 위하여 各種 alkyl group을 가진 sodium n-alkylsulfate 0.25%溶液을 使用하여 tripalmitin으로 汚染된 綿織物의 溫度變化에 따른 洗滌性을 試驗하였다. 그 結果는 Fig. 1과 같다.

Fig. 1을 보면 sodium-n-alkylsulfate의 alkyl group 鎖長에 關係없이 20°C에서는 洗滌性이 매우 나쁘고 40~60°C 사이에서 洗滌性이 急增하고 60~70°C 사이에서 最大洗滌性을 나타낸다음, 그 以上の 溫度에서는 洗滌性이 低下되고 大體로 80°C에서 最低洗滌性을 보인

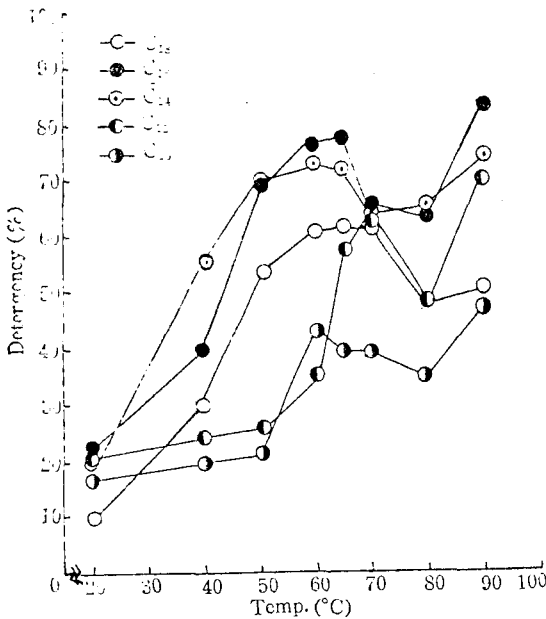


Fig. 1. Effect Of Temperature on the Removal of Tripalmitin in the Aqueous Solutions of Various Sodium n-Alkylsulfates. [Soil: tripalmitin fabric: cotton]

다음 90°C에서 다시 洗滌性이 向上되고 있다.

60~70°C에서 最大洗滌性을 나타내는 것은 非極性인 tripalmitin이 融點(66°C) 近處에서 熔融되면서 rolliing-up이 일어나기 때문이라고 추측된다.

한편 모든 sodium n-alkylsulfate의 洗滌性이 65~70°C에서 低下되었다. 이러한 結果는 朴桂賢¹⁾의 sodiumsoap의 境遇 alkyl group의 鎖長이 길어질수록 最高洗滌性을 나타내는 溫度가 높아지는 現象과는 다르게 나타나고 있는데 이것은 sodium n-alkylsulfate의 의 alkyl group의 鎖長과 洗滌性이 低下되는 溫度와는 關係가 없는 듯이 보인다.

2. Cellulose 纖維의 形態와 洗滌溫度變化에 따른 tripalmitin의 洗滌性

溫度變化에 따른 tripalmitin의 洗滌性이 cellulose 纖維의 形態에 미치는 영향을 알아보기 위하여 化學的 組成이 같고 形態가 다른 cuprammonium과 綿을 使用하여 純水로 洗滌하였을 때 tripalmitin의 洗滌性을 比較하여 보았다. 그 結果는 Fig. 2와 같다.

Fig. 2에서 보면 綿織維의 境遇, 65°C에서 洗滌性이 急激히 向上되어 65°C에서 最大洗滌性을 보인 다음, 70°C와 80°C에서 洗滌性이 低下된 후 다시 증가

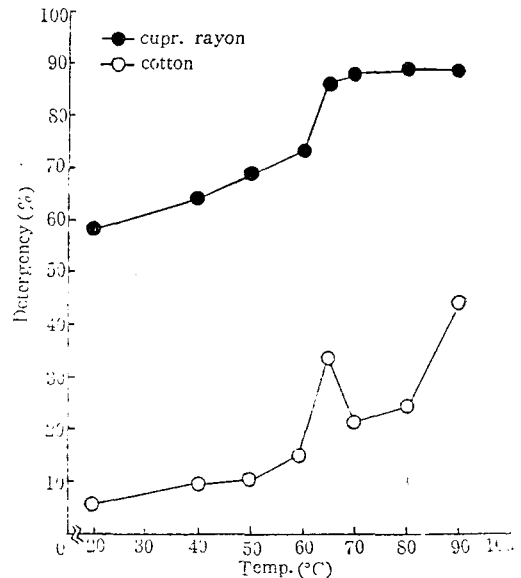


Fig. 2. Effect of Temperature on the Removal of Tripalmitin on Cotton and Cuprammonium Rayon in the Distilled Water. [Soil: tripalmitin]

되고 있다.

反面에 cuprammonium rayon에서는 溫度가 65°C 以上 上昇하더라도 洗滌性的 低下現象이 나타나지 않고 있다. 이것은綿에서는 tripalmitin의 融點 以上에서 汚染이 綿纖維의 罝임이나 中空속으로 흘러 들어가지만 cupammonium rayon에는 纖維에 罝임이나 中空이 없고 比較的 均一한 樣狀으로 되어있어 汚染이 浸透할 자리가 없기 때문이라 解析된다.

3. 洗滌溫度變化에 따른 dodecane 과 tripalmitin 混合汚染의 洗滌性

汚染의 融點이 tripalmitin의 洗滌性的 低下에 미치는 影響을 알아보기 위하여 dodecane 과 tripalmitin 을 Table 3-2에 表示된 方法으로 混合하여 면직물에 오염시킨후 溫度變化에 따라 0.25% sodium n-alkylsulfate 溶液으로 洗滌한 結果는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3을 보면 溫度變化에 따른 tripalmitin의 洗滌性은 sodium n-alkylsulfate의 alkyl group의 鎖長에 關係없이 20°C에서는 洗滌性이 매우 나쁘고 40~60°C 사이에서 洗滌性이 急激히 上昇하여 60°C 또는 65°C

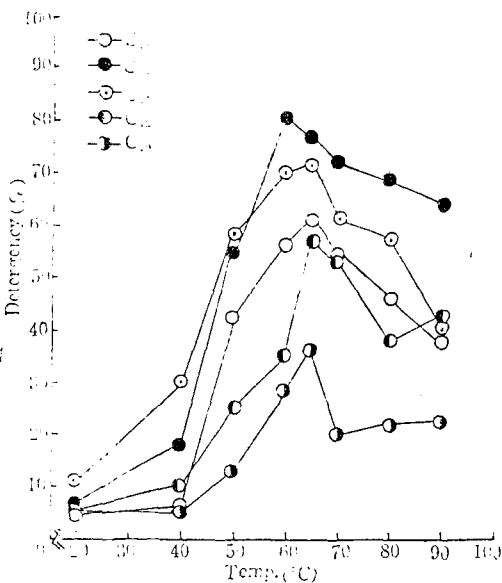


Fig. 3. Effect of Temperature on the Removal of Tripalmitin Mixture with Dodecane in the Aqueous Solutions of Various Sodium n-Alkylsulfates.

[Soil: mixture of tripalmitine and dodecane, fabric: cotton]

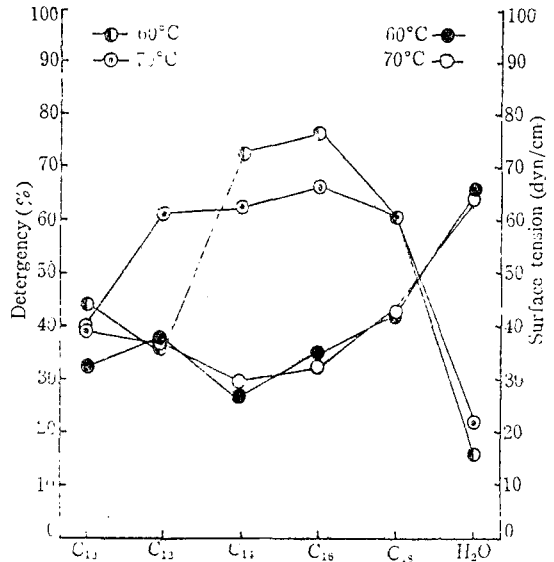


Fig. 4. Effect of Alkyl Chain Length of Sodium n-Alkylsulfate and Water on the Removal of Tripalmitin and the Surface Tension [Soil: tripalmitin]

에서 最大洗滌性을 보인 다음 65°C 또는 70°C 以上에서는 洗滌性이 低下되고 있어 tripalmitin 單獨汚染의 境遇와 큰 差가 없었다.

Fig. 1과 Fig. 3에서 여러 종류의 sodium n-alkylsulfate에서 tripalmitin 單獨汚染의 洗滌性和 混合汚染의 洗滌性을 比較하여보면, 混合汚染의 境遇 融點이 52~55°C이므로 rolling up이 기대되는 溫度도 tripalmitin 單獨汚染보다 낮아질 것으로 예측하였으나 뚜렷한 差를 나타내지 않고 있다. 또 洗滌性이 低下되는 溫度도 tripalmitin 單獨汚染보다 10°C程度 낮아질 것으로 기대되었으나 單獨汚染의 洗滌性이 低下되는 溫度와 거의 일치하고 있다. 이러한 現象은 溫度上昇에 따라 洗滌性이 低下되는 溫度가 汚染의 融點에만 相關이 있는 것이 아니라는 것을 말해준다.

따라서 洗滌溫度의 變化에 따라 洗滌性이 低下되는 現象은 汚染의 融點, 纖維의 形態뿐만아니라 界面活性劑의 影響도 무시할 수 없다는 것을 나타내고 있다.

4. Sodium n-alkylsulfate의 Alkyl group의 鎖長과 洗滌性

Fig. 1과 Fig. 3에서 보듯이 tripalmitin의 洗滌性은 alkyl group의 鎖長이 길어질수록 增加하여 C₁₆에

서 最大를 나타내고 C_{18} 에서는 低下되고 있다.

먼저 tripalmitin 單獨汚染의 境遇(Fig. 1)를 보면 20°C 에서 汚染성이 alkyl group의 鎖長에 關係없이 모두 나쁘게 나타나고 있다. 이러한 現象은 固體狀態인 tripalmitin의 polycrystalline aggregate의 틈사이로 洗滌이 浸透해 들어가 汚染의 固型粒子가 織物로부터 떨어져나가 洗滌內에 分散, 安定化되기 때문이며^{1~2)}, 이때 洗滌성은 alkyl group의 鎖長에는 影響을 별로 받지 않음을 알 수 있다. 그리고 C_{18} 의 洗滌성이 특히 나쁜것은 20°C 에서 C_{18} 의 溶解도가 매우 나쁘기 때문인 것으로 추측된다. 40°C , 50°C , 60°C , 그리고 65°C 에서 alkyl group의 鎖長에 따른 洗滌성은 대부분 $C_{10} < C_{12} < C_{14} < C_{16}$ 의 순서로 나타나고 있다. 이러한 現象이 界面活性劑의 表面張력과 어떠한 關係가 있는가를 알아 보기 위하여 0.25% sodium n-alkylsulfate 溶液의 表面張력을 alkyl group의 鎖長에 따라 60°C 와 70°C 에서 測定하여, 같은 溫度에서의 洗滌성과 比較한 것은 Fig. 4와 같다.

Fig. 4를 보면 表面張력이 낮을수록 洗滌성은 向上되며 表面張력이 높아질수록 洗滌성은 低下되고 있다. 이러한 現象은 界面活性劑의 表面張력이 낮을수록 非極性 汚染과 極性인 基質에서 Rolling-up이 더욱 잘 일어나기 때문이라고 생각된다.

그러나 C_{14} 보다 C_{16} 의 表面張력이 높음에도 不拘하고 C_{16} 의 洗滌성이 좋은 것은 基質과 汚染에 吸着하는 界面活性劑의 量이 C_{14} 보다 C_{16} 이 많고¹⁵⁾ 또 sodium n-palmitylsulfate와 tripalmitin이 alkyl group의 鎖長이 같기 때문에 雙을 이루어 ultraow interfacial tension을 生成하기 때문이라 추측된다.^{16~18)}

한편 混合汚染의 境遇(Fig. 3)를 보면 20°C 에서 alkyl group의 鎖長에 상관없이 單獨汚染의 境遇보다 洗滌성이 더 나쁘게 나타났다. 이것은 混合汚染에서는 結晶狀態가 存在하지 않아 tripalmitin의 polycrystalline aggregate의 해리가 일어나지 않으므로 洗滌성이 低下된 것이라 생각된다. $40^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$ 까지의 洗滌성은 대부분 $C_{17} < C_{12} < C_{18} < C_{14} < C_{16}$ 의 順으로 나타나고 있는데 이러한 現象은 tripalmitin 單獨汚染의 洗滌성의 順과 거의 同一하다.

以上에서 살펴 본 바와 같이 sodium n-alkylsulfate의 alkyl group의 鎖長이 길어질수록 洗滌성이 增加하며 이러한 洗滌성은 界面活性劑 水溶液의 表面張력과 關係가 있음을 알 수 있다.

IV. 結 論

脂溶性 汚染의 洗滌성이 높은 溫度에서 低下되는 原因을 究明하고자 溫度變化에 따른 洗滌성을 實驗한 結果는 다음과 같다.

1. 非極性 脂溶性 汚染인 tripalmitin 單獨汚染의 洗滌성은 alkyl group의 鎖長에 關係없이 모두 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 에서 最高洗滌성을 보인 다음 그 以上の 溫度에서는 洗滌성이 顯著히 低下되었다.

2. 綿織物과 cuprammonium rayon 織物의 tripalmitin 汚染布를 純水로 洗滌했을 때 綿織物에서는 70°C 이상에서 洗滌성이 低下되나 cuprammonium rayon 織物에서는 洗滌성의 低下가 나타나지 않았다. 이것은 높은 溫度에서 洗滌성이 低下되는 原因이 纖維의 形態와 關係가 있음을 示唆하며 汚染이 融點 以上에서 纖維의 間隙으로 流入되어 除去가 어려워지기 때문이라고 생각된다.

3. dodecane을 tripalmitin에 섞어서 汚染의 融點을 낮추었음에도 불구하고 tripalmitin의 洗滌성이 低下되는 溫度는 單獨汚染의 경우와 같이 $60 \sim 65^{\circ}\text{C}$ 이었다. 이것은 洗滌성이 低下되는 溫度가 汚染의 融點과 關係가 없음을 나타낸다.

4. 非極性 脂溶性 汚染의 洗滌성은 sodium n-alkylsulfate의 alkyl group의 鎖長이 길어짐에 따라 增加되어 C_{16} 에서 最大를 이루고 C_{18} 에서 低下되고 있다. 이것은 界面活性劑의 表面張력과 밀접한 關係가 있었다.

參 考 文 獻

- 1) 朴桂賢, 洗滌溫度가 洗滌성에 미치는 影響—Soap의 特性을 中心으로—, 서울大學校 碩士學位論文(1981)
- 2) T. Eort, Jr., H.R. Billica and T.H. Grindstaff, Studies of Soiling and Detergency, *J. Amer. Oil chem. Soc.*, **45**, 354, (1968)
- 3) A. Schott, Detergency Theory and Test Method. Part I. Surfactant series, Ed. by W.C. Cutler and R.C. Davis, 5, p.140 Marcel Dekker Inc., New York(1972)
- 4) 李美植, Radiotracer를 利用한 triglyceride의 洗滌성에 關한 研究, 서울大學校 衣類學科 碩士學位論文(1980)

- 5) 朴貞姬, 非 ion 系 界面活性劑의 Solubilization 과 洗滌性에 關한 研究, 서울大學校 衣類學科 碩士學位論文(1982)
- 6) B. E. Gordon, Radiotracers in Fabric-Washing Studies, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **45**, 367, (1968)
- 7) W. T. Shebs and B. E. Gordon, Improvements in Detergency Precision with Radioactive Soil, *Ibid.*, **45**, 377, (1968)
- 8) Marry Ann Huisman and Marry Ann Morris, A study of the Removal of Synthetic sebum from Durable-Press Fabrics Using of a Liquid Scintillation Technique, *Textil Res. J.*, **41**, 657, (1971)
- 9) J. A. Monik, Fatty Alcohols, *J. Amer. Oil chem. Soc.*, **56**, 854, (1979)
- 10) David D. Whyte, Instantaneous Sulfation of Fatty Alcohols, *J. Amer. Oil chem. Soc.*, **32**
- 11) Josef Vahala, Jiri Sponar, and Jaromir Weigner, Sulfation of synthetic higher fatty alcohols, *Chem. prumysl*, **13**, 236~241, (1963)
- 12) S.M. Loktev, G.M. Pakhomova, and E.L. Vulakh, Determination of sulfation degree of higher fatty alcohols, *Maslozhir. Prom.*, **33** 19-23, (1967)
- 13) S.E. McGuire, W. H. Chambless, and R. M. Owens, The Effect of Homolog Distribution on Sodium Alcohol Sulfate Solution Viscosity., *J. Amer. Oil chem. Soc.*, **55**, 300, (1978)
- 14) Chizuo Yonese, Takeshi Shisnido, Takahid Kaneko, and Kazushige Maruyama, Separation and Estimation of Anionic Surfactants by T L C, I. Mixtures of Sodium Dodecylbenzenesulfonate, Sodium dodecyl sulfate and Sodium dodecanesulfonate, *J. Amer. Oil chem. Soc.*, **59**, 112, (1982)
- 15) A. S. Weatherburn and C. H. Baley, *Textile Res. J.*, **18**, 669, (1948)
- 16) J. A. Wingrave and T. P. Matson, Detergents Etht-O, Session 3. Are Theoretical Surface Chemistry Measurements Really Practical?, *J. Amer. Oil chem. Soc.*, **58**, 347, (1981)
- 17) J.L. Cayais, R. S. Schechter, and W. H. Wade, The Utilization of Petroleum Sulfonates for Producing Low Interfacial Tensions between Hydrocarbons and Water, *Colloid and Surface Science*, **59**, 31, (1977)
- 18) M. Bourrel, f. L. Salager, R. S. Schechter and W. H. Wade, A Correlation for phase Behavior of Nonionic Surfactants, *Ibid.*, **75**, 451, (1980)