

# 纖維의 特性이 固型汚染의 洗滌性에 미치는 影響

李 惠 善

## The Effect of Fiber Characteristics on the Detergency of Particulate Soil

Lee Hye-sun

### Summary

The effect of various fibers, the type of surfactants on the detergency of particulate soil was studied. Silk, cuprammonium rayon, di-acetate, nylon, polyester fabrics were soiled with the mixture of palmitic acid, hydrogenated oil, paraffin oil and iron oxide black. They were washed in sodium dodecylbenzene sulfonate, soap and polyoxyethylene nonylphenol ether solutions. The detergency was calculated by means of the spectrometric analysis of iron.

The detergency was decreased in the order: cuprammonium rayon > silk > nylon acetate > polyester in DBS solution, silk > cuprammonium rayon > acetate > nylon > polyester in soap solution and silk  $\approx$  cuprammonium rayon  $\approx$  acetate > nylon > polyester in PONPE solution.

In case of hydrophilic fibers soil removal was excellent and rolling-up, break up of polycrystalline aggregates were the major soil removal mechanisms.

The detergency was decreased in the order: soap > PONPE > DBs at cuprammonium rayon, silk, nylon, polyester fabrics and PONPE  $\approx$  soap > DBs at acetate fabric.

Soap was most effective and the removal of particulate soil seems to be influenced by the suspending power of detergent.

It seems to be that solubilization was an important soil removal mechanism from hydrophobic fibers in non-ionic solution.

### 序 論

洗滌은 被服—汚染—洗液으로된 洗滌系內에서 汚染을 被服으로부터 分離시켜 洗液中에 分散시키는 수단이다 (Stevenson, 1961). 이때 洗液의 量, 洗劑의 種類와 濃度, 洗液의 溫度, 洗液의 pH, 洗滌時間, 機械的인 힘, 汚染의 成分과 組

成, 纖維의 性質에 따라 洗滌效果는 다르게 나타난다 (Mc Bain, 1942).

汚染의 成分은 크게 水溶性 汚染, 脂溶性 汚染, 固型汚染으로 나뉘는데 水溶性 汚染은 洗滌液中에 溶解되어 쉽게 除去되므로 洗滌에서 問題되는 것은 脂溶性 汚染과 固型汚染이다. 固型汚染은 대부분이 먼지, 煤煙, 土砂 등으로부터 온 것

으로서 單一粒子의 크기가 0.02 ~ 1 $\mu$  정도인데 被服에는 보통 集合狀態로 存在하며 脂溶性 汚染이 binder 로 作用하여 被服에 吸着 (sorptive bonding) 되어있는 경우가 많다 (Cutler, 1972). 따라서 脂溶性 汚染이 除去됨에 따라 固型汚染도 除去되게 된다 (Fort, 1966). 脂溶性 汚染은 遊離脂肪酸, 脂肪, 탄화수소, 高級알콜 등의 脂溶性 成分이 溶體를 形成하고 있으며 洗劑의 도움을 받아 rolling-up, solubilization, penetration, soap formation 등의 洗滌機構에 의해 洗液中에 分散되어 除去된다 (Scott, 1963).

그런데 위와같은 洗滌機構는 洗滌系内の 條件에 따라 그 作用限界가 달라지는데 被服의 物理·化學的 構造와 性質에 의해서도 큰 影響을 받게 된다 (Smith, 1969). 被服을 이루는 纖維의 形態, 糸의 構造, 織物組織 등의 物理的 特性과 纖維의 化學的 性質에 따라 洗滌性이 달라지게 되는데 纖維表面의 不規則한 部分, 紡績糸의 接點, 複雜한 織物組織 등은 汚染의 trap 으로 作用하여 洗滌效果를 저하시킨다고 하였다 (Compton, 1953).

本研究에서는 纖維의 化學的 性質이 洗滌性에 미치는 影響을 알아보기 위하여 物理的 構造上의 變因을 줄이도록 filament 糸로 平織으로 製造된 silk taffeta, cuprammonium rayon

taffeta, di-acetate taffeta, nylon taffeta, polyester taffeta를 使用하여 洗滌性을 檢討하여 보았다. 汚染으로는 脂溶性 汚染과 固型汚染의 混合汚染을 使用하였고 洗滌率은 洗滌前後의 汚染布上의 固型汚染의 量을 分光分析法으로 定量하여 求하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 試料

#### 1) 試驗布

試驗布는 silk taffeta (韓國衣類試驗檢査所), cuprammonium rayon taffeta (株式會社 甲乙), nylon taffeta (株式會社 甲乙), di-acetate taffeta (國立工業試驗院), polyester taffeta (國立工業試驗院)를 cuprammonium rayon taffeta는 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10% (o.w.f.), 液比 30:1로 100℃에서 3시간, nylon과 polyester taffeta는 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2%, sodium laurylsulfate 0.1% 液比 30:1, 60℃에서 1시간, silk와 di-acetate taffeta는 sodium laurylsulfate 2%, 液比 30:1로 30℃에서 1시간 精練하여 空氣中에서 乾燥시킨 후 各各 12×12cm 크기로 잘라 soxhlet

Table 1. Characteristics of fabrics.

Materials	Weave construction	Thickness (mm)	Yarn number		Fabric count (ends × picks / 5cm)
			warp	weft.	
100 % silk	plain	0.078	21 D	21 D	276 × 192
100 % cuprammonium rayon	"	0.186	75 D	100 D	208 × 176
100 % di-acetate	"	0.188	120 D	120 D	208 × 156
100 % nylon	"	0.114	70 D	70 D	208 × 172
100 % polyester	"	0.104	50 D	50 D	204 × 180

抽出器에 넣고 benzene : ethanol = 2 : 1 (重量比)의 共沸混合物로 8 시간 抽出하여 脂溶性 不純物を 완전히 除去하여 使用하였다. 이들 織物의 特性은 Table 1 과 같다.

2) 試藥

Palmitic acid : 試藥用一級 (關東化學株式會社)

Hydrogenated oil : 市販 shortening (三立食品工業株式會社)

Paraffin oil : 試藥用一級 (和光純藥工業株式會社)

Iron oxide, black : 試藥用一級 (和光純藥工業株式會社)

Sodium dodecylbenzene sulfonate (DBS) : 試藥用一級 (東京化成工業株式會社)

Polyoxyethylene nonylphenol ether, ethylene oxide 10 mole 附加物 (PONPE) : 工業用, 活性分 100 % (東南合成工業株式會社)

Soap : 市販 Ivory (水分 10.8%, 비누분 99.4%)

Ferrous ammonium sulfate : 試藥用特級 (石津製藥株式會社)

Ortho-phenanthroline : 試藥用特級 (林純藥工業株式會社)

Hydroxylamine hydrochloride : 試藥用一級 (和光純藥工業株式會社)

其他試藥 : 모두 試藥用一級

實驗方法

1. 汚染布 製作

汚染布는 脂溶性 成分으로 palmitic acid,

hydrogenated oil, paraffin oil 을 固型成分으로 iron oxide black 을 使用하여 다음과 같은 方法으로 製作하였다.

Table 2 와 같은 組成을 가진 脂溶性 汚染 10 g 과 1 g 의 固型汚染을 取해 mortar 에서 잘 混合한 후 cuprammonium rayon 과 di-acetate 織物에는 0.50 ml 씩, nylon 과 polyester 織物에는 0.35 ml 씩, silk 織物에는 0.30 ml 씩 取해 roller 에 떨어뜨린 후 20 °C 로 維持된 平板 위에서 均一하게 roller 에 묻혀 試驗布 위에 飽充 (saturation) 시켜 汚染布를 製作하였다.

Table 2. Composition of oily soil.

Palmitic acid	2.0 g
Hydrogenated oil	2.0 g
Liquid paraffin	6.0 g

製作된 汚染布의 表面反射率은  $30 \pm 2\%$  였으며 洗滌도중 물이 흘러나가는 것을 防止하기 위해 四方에서 물을 풀어 實際크기가  $5 \times 10$  cm 되게 하여 2 枚를 汚染되지 않은 面끼리 맞붙여 縫合한 후 標識하여 標準狀態 ( $20 \pm 2$  °C, 65% RH) 에서 1 週間 熟成시킨 후 冷蔵하여 使用하였다.

2. 洗滌方法

洗滌은 standard launder meter (40 ~ 45 r.p.m.)를 使用하여 洗滌瓶에 純水로 만든 洗液 100 ml, steal ball 10 개씩 넣고 豫熱한 후 각각 汚染布 1 組씩을 넣어 40 °C 에서 20 分間 洗滌한 후 3 分씩 3 回 純水로 行군다음 空氣中에서 건조시켰다.

3. 洗滌率의 評價

洗滌率은 洗滌後 洗滌液中에 脫落된 鐵 (Ww)

은 濾紙(No. 5a, Azumi Filter Paper Co. LTD)로 거른 後 定量하였고, 洗滌布에 남아있는 鐵( $W_s$ )도 따로 定量하여 아래 式에 따라 算出하였다.

$$\text{洗滌率} = \frac{W_w}{W_w + W_s} \times 100(\%)$$

但,  $W_w + W_s = \text{全汚染量}$

定量方法은 鐵을 6N-HCl에 溶解시킨 다음 hydroxylamine hydrochloride로 還元하고 ortho-phenanthroline으로 發色시켜 pH 4~7로 맞춘 후 spectronic 20를 使用하여 波長 505nm에서 吸光度(O.D.)를 測定하여 ferrous ammonium sulfate로부터 얻은 Fe檢量線을 使用하여  $Fe_3O_4$ 의 量으로 換算하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 纖維의 種類에 따른 洗滌性

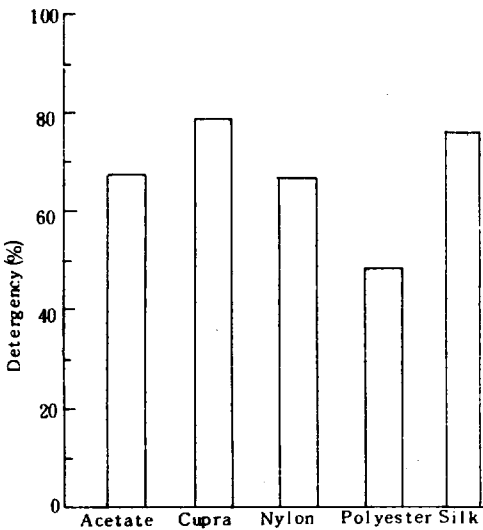


Fig 1. Detergency of particulate soil on various fabrics in sodium dodecylbenzene sulfonate solution.

洗滌溫度 40℃, 洗液濃度를 0.25%로 하여 陰 ion系 界面活性劑인 DBS, soap, 非 ion系 界面活性劑인 PONPE를 使用하여 各 織物의 洗滌性을 調査한 結果는 Fig 1, Fig 2, Fig 3와 같다.

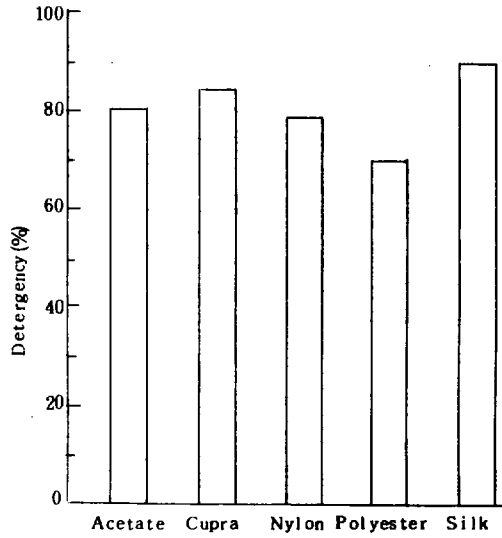


Fig 2. Detergency of particulate soil on various fabrics in soap solution.

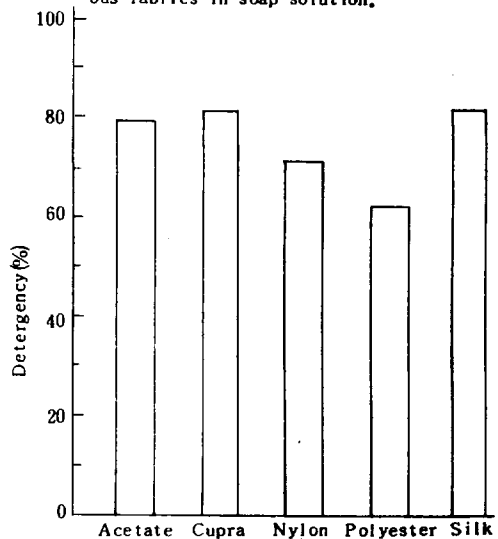


Fig 3. Detergency of particulate soil on various fabrics in polyoxyethylene nonylphenol ether solution.

Fig 1, Fig 2, Fig 3에 따르면 洗滌性은 DBS의 경우는 cuprammonium rayon > silk > nylon ≈ acetate > polyester의 順으로 나타났고, soap의 경우는 silk > cuprammonium rayon > acetate > nylon > polyester의 順으로 나타났으며, PONPE의 경우는 silk ≈ cuprammonium rayon ≈ acetate > nylon > polyester의 順으로 나타났다.

모든 界面活性劑의 경우 cuprammonium rayon, silk에서의 洗滌性이 acetate, nylon, polyester에서 보다 크게 나타났는데 이는 纖維의 親水性의 정도가 다르기때문에 나타난 결과라고 생각된다.

脂溶性 汚染의 主要洗滌機構를 rolling-up, penetration, 機械的破壞로 볼때 纖維의 親水性이 크면 팽윤이 잘되어 機械的破壞가 쉽게 일어나며 penetration, rolling-up 현상도 촉진되는 것으로 報告되고있다 (Fort and Grindstaff, 1966). 纖維와 汚染의 界面에너지를  $\alpha_{F-D}$ , 纖維와 洗液의 界面에너지를  $\alpha_{F-S}$ , 汚染과 洗液의 界面에너지를  $\alpha_{D-S}$ 로 表示하면 洗液中에서 纖維表面으로부터 汚染粒자를 分離하여 分散시키는데 필요한 에너지  $W$ 는 다음과 같은 方程式으로 表示된다 (Smith, 1969).

$$W = \alpha_{D-S} + \alpha_{F-S} - \alpha_{F-D}$$

윗式에서 纖維의 親水性이 클수록  $\alpha_{F-S}$ 의 값이 작아지고, 纖維와 脂溶性 汚染과의 親和力이 약해지므로  $\alpha_{F-D}$ 의 값은 커지게 된다. 따라서 親水性 纖維일수록  $W$ 값이 작아져 洗滌性이 크게 나타난 것으로 본다.

親水性 纖維인 cuprammonium rayon, silk 織物은 모든 界面活性劑의 경우 우수한 洗滌性을 보였고 疎水性 纖維인 acetate, nylon, polyester 織物에서는 acetate의 洗滌性은 비교적 좋았고 nylon은 약간 뒤떨어졌고 polyester

의 경우는 아주 낮았으며 界面活性劑의 種類에 따라 큰 차이를 나타냈다.

## 2. 界面活性劑의 種類에 따른 洗滌性

界面活性劑의 種類에 따른 洗滌性은 cuprammonium rayon, nylon, polyester, silk 織物의 경우 soap > PONPE > DBS의 順으로 나타났고, acetate 織物의 경우 PONPE ≈ soap > DBS의 順으로 나타났다.

거의 모든 경우 soap의 洗滌性이 가장 크게 나타났는데 이는 soap의 우수한 分散力 때문인 것 같다. 本實驗에서는 洗滌性을 固型汚染의 除去率로 評價하였으므로 分散力이 큰 soap의 洗滌性이 가장 좋게 나타난 것으로 본다.

PONPE의 洗滌性이 DBS보다 크게 나타났는데 이는 非ion系 界面活性劑인 PONPE의 solubilization 能力이 陰ion系 界面活性劑인 DBS보다 크기때문에 나타난 결과라고 생각된다 (Ginn, 1961). 특히 polyester 織物에서 DBS의 洗滌性이 아주 낮는데 비해 PONPE의 洗滌性은 훨씬 크게 나타난 것으로 보아 疎水性 纖維로부터 脂溶性 汚染을 除去하는 데는 界面活性劑에 의한 solubilization이 重要한 洗滌 mechanism인 것 같다.

## 摘 要

纖維의 種類로 silk, cuprammonium rayon, di-acetate, nylon, polyester를 택하고 界面活性劑로는 陰ion系인 sodium dodecylbenzene sulfonate와 soap, 非ion系인 polyoxyethylene nonylphenol ether를 使用하여 固型汚染의 洗滌性을 檢討하여 보았다.

固型汚染으로는 定量分析이 가능한 四三酸化 鐵을 使用하였고 結果는 다음과 같다.

1. DBS의 경우 洗滌性은 cuprammonium rayon > silk > nylon  $\approx$  acetate > polyester의 順이었고, soap의 경우 silk > cuprammonium rayon > acetate > nylon > polyester의 順이었으며 PONPE의 경우 silk  $\approx$  cuprammonium rayon  $\approx$  acetate > nylon > polyester의 順으로 나타났다.

2. 모든 界面活性劑의 경우 親水性 纖維인 cuprammonium rayon, silk의 洗滌性이 疎水性 纖維인 acetate, nylon, polyester보다 훨씬 크게 나타난 것으로 보아 親水性 纖維에서 脂溶性 汚染의 主要洗滌機構는 rolling-up, 機械的破壞로 생각된다.

3. 界面活性劑의 種類에 따른 洗滌性은 cuprammonium rayon, silk, nylon, polyester 織物의 경우 soap > PONPE > DBS의 順이었고, acetate 織物의 경우 PONPE  $\approx$  soap > DBS의 順이었다.

4. Soap의 洗滌性이 가장 우수한 것으로 보아 固型汚染의 洗滌에는 界面活性劑의 分散력이 큰 역할을 하는 것으로 생각된다.

5. 疎水性 纖維에서 脂溶性 汚染의 洗滌性은 非ion系 界面活性劑인 PONPE의 경우 DBS보다 훨씬 우수한 것으로 보아 solubilization이 主要洗滌機構로 作用한 것으로 생각된다.

## 參 考 文 獻

- Compton, J. and Hart, W.J., 1953, Soiling and Soil Retention in textile fibers-suspending power of surfactants, *Ind. Eng. Chem.*, 45, 597.
- Cutler, W.G. and Davis, R.C., 1972, Surfactant Series, Volume 5, Detergency Theory and test method, Marcel Dekker Inc., New York, 269—321.
- Fort, T., Billica, H.R. and Grindstaff, T.H., 1966, Studies of soiling and detergency, Part II: Detergency experiments with model fatty soil, *Textile Res. J.*, 36, 99.
- Fort, T., Billica, H.R. and Sloan, C.K., 1966, Studies of soiling and detergency, Part I: Observation of naturally soiled textile fibers, *Textile Res. J.*, 36, 7.
- Ginn, M.E. and Harris, J.C., 1961, Correlation between critical micell concentration, fatty soil removal and solubilization, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 38, 605.
- McBain, J.W., 1942, Advances in colloid science, I. Kraemer, E.D., ed., 99, New York, Interscience Publishers Inc.
- Scott, B.A., 1963, Mechanism of fatty soil removal, *J. Appl. Chem.*, 13, 133.
- Smith, S. and Sherman, P.O., 1969, Textile characteristics affecting the release of soil during langdering, Part I: A Review and theoretical consideration of the effects of fiber surface energy and fabric construction on soil release, *Textile Res. J.*, 39, 441.
- Stevenson, D.G., 1961, Mechanism of detergency, *J. Society of Cosmetic Chemists*, 7, 353.