

纖維의 特性이 洗液中에서의 固型汚染의 附着程度에 미치는 影響

李 惠 善

Relationship between Fiber Characteristics and Deposition of Particulate Soil onto Various Fabrics in Surfactants' Solution

Hye-sun Lee

Summary

The effect of various fibers, the type and concentration of surfactants and temperature on the deposition of particulate soil in surfactants' solution was studied.

Cotton, silk, nylon, polyester fabrics were soiled in the iron oxide, black suspension using standard launder meter. Anionic surfactant sodium lauryl sulfate and nonionic surfactant polyoxyethylene nonylphenol ether were used. The amount of deposited Fe_3O_4 onto four fabrics was calculated by means of the spectrometric analysis of iron.

The amount of deposited Fe_3O_4 onto four fabrics in SLS solution was much smaller than that in the PONPE solution. As the SLS concentration was increased, the Fe_3O_4 deposition was decreased. The decrease was marked at first, but above certain concentration the rate of deposition slowed. In case of PONPE the effect of concentration was very small.

When PONPE and below 0.05% concentration of SLS used, silk fabric showed the least amount of deposited soil, followed by nylon, polyester, cotton. Above 0.05% concentration of SLS, polyester was more soiled than cotton.

The deposition was increased with increasing temperature and it was affected by fiber characteristics.

From these results the deposition of particulate soil is related to the suspending power of surfactant solution and seems to be influenced by the geometric shape of fiber and the affinity between fiber and soil.

結 言

洗滌은 纖維-汚染-洗液으로 된 洗滌系內에서 洗劑, 기계적인 힘, 열 등의 作用에 의해 汚染이 纖維로부터 分離되어 洗液中에 分散됨으로써 이루어진다(Stevenson : 1961). 따라서 洗滌性은 纖維, 汚染, 洗液의 物理·化學的 性質에 따라 결정된다(McBain : 1942).

一般으로 汚染은 物理化學的 特性에 따라 水溶性

汚染, 脂溶性汚染, 固型汚染으로 分類하는데 이중 固型汚染은 單一粒子의 크기가 0.02-1 μ 으로 被服에는 보통 集合狀態로 存在하며 그 結合力은 Van der Waals引力, 電氣的 引力 등이다 (Lange : 1961, Cutler : 1972).

固型汚染의 成分은 主로 clay mineral로 洗滌後에도 상당량이 被服에 남아있으며 被服의 着用, 洗滌을 되풀이하는 동안 계속 蓄積되어 白色被服을 黃

變시키는 原因이 되고 있다(Powe : 1959). 이는 洗滌過程에서 汚染이 纖維로부터 완전히 除去되지 않거나 일단 纖維로부터 分離되어 洗液中에 分散되었던 汚染中에서 一部分이 다시 纖維에 附着되기 때문이다(Gordon : 1968).

그러므로 再汚染 現象은 洗滌에서 중요한 問題가 되고 있으며 이에 관한 많은 研究가 있다(Compton : 1951, Compton : 1953, Phansalkar : 1955, Powe : 1959, Tuzson : 1962, Shimauchi 1968, Rutkowski : 1968). 이들의 研究로부터 固型汚染의 除去와 再汚染은 洗液의 分散力과 밀접한 關聯이 있음을 알 수 있다. 洗液의 分散力은 界面活性劑의 種類와 濃度, 助劑의 種類와 濃度, 纖維의 種類, 汚染의 種類와 濃度, 기계적인 힘 등에 의해 영향을 받는다(Cutler : 1972).

지금까지는 주로 界面活性劑, 助劑, 汚染의 영향에 대하여 研究하였고 纖維의 영향에 대한 研究는 별로 없다.

따라서 本 研究에서는 纖維의 種類로 cotton, silk, nylon, polyester를 택하여 界面活性劑로는 陰性系인 SLS, 非ion系인 polyoxyethylene nonylphenol ether를 使用하여 界面活性劑의 濃도와 洗滌溫度의 변화에 따른 固型汚染의 附着程度를 살펴보았다. 固型汚染으로는 定量分析이 가능한 四三酸化鐵을 使用하였다.

實 驗

試 料

試 驗 布

試驗布는 韓國衣類試驗 檢査所에서 製作되어 纖維

類 製品의 염색 전되도 시험용 침부 白布(오염포, KSK 0905)로 쓰이는 白綿布, 白絹布, 白nylon布, 白polyester布를 구입하여 綿布는 Na₂CO₃ 10%(o. w. f.), 液比30 : 1로 100°C에서 3시간, 絹布는 sodium laurylsulfate 0.1%, 30°C에서 1시간, nylon布와 polyester布는 Na₂CO₃ 2%, sodium laurylsulfate 0.1%, 液比30 : 1로 60°C에서 1시간 精練하여 空氣中에서 乾燥시킨 후 各各 12×12cm 크기로 잘라 soxhlet抽出器에 넣고 benzene : ethanol=2 : 1(重量比)의 共沸混合物로 8시간 抽出하여 脂溶性 不純物을 완전히 除去하여 使用하였다. 이들 織物의 特性은 Table 1과 같다.

試 藥

Sodium lauryl sulfate(SLS) : 試藥用一級(純正化學株式會社)

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

Iron oxide, black(四三酸化鐵) : 試藥用一級 (和光純藥工業株式會社)

Ferrous ammonium sulfate : 試藥用特級(和光純藥工業株式會社)

Ortho-phenanthroline : 試藥用特級(純正化學工業株式會社)

Hydroxylamine hydrochloride : 試藥用一級(純正化學工業株式會社)

其他試藥 : 모두試藥用 一級

Table 1. Characteristics of fabrics

Materials	Weave Construction	Thickness (mm)	Yarn number		Fabric count (ends×picks/5cm)
			warp	weft	
100% cotton spun yarn	plain	0.331	30's	36's	142×136
100% silk filament "	"	0.078	21D	21D	276×192
100% nylon " "	"	0.108	30D	30D	246×224
100% polyester " "	"	0.103	50D	50D	200×178

實驗方法

試驗布 製作

精練, 抽出한 試驗布를 四方에서 올을 풀어 實際크기가 $5 \times 10\text{cm}$ 되도록 정돈한 후 標準狀態($20 \pm 2^\circ\text{C}$, $65\% \text{RH}$)에서 保管하여 使用하였다.

汚染附着試驗

Iron oxide, black을 乳鉢에서 잘 갈아서 105°C oven에 3시간 건조시킨 후 규정 濃度の 洗液에 汚染濃도가 1% 되도록 固型汚染을 分散시킨 洗液을 만들었다. 洗滌瓶에 汚染을 分散시킨 洗液 100ml를 넣고 豫熱 후 shaking mashine for flask(Eberbach corporation)를 使用하여 10分間 진탕시킨 후 試驗布 2매, steel ball 10개를 넣고 standard launder meter (Yasuda Seiki Seisakucho Co. LTD)를 使用하여 규정溫度에서 20分間 가동한 후 3분씩 2회 평균 다음 空氣中에서 乾燥시켰다. 물은 증류수를 使用하였다.

汚染附着量의 算出

試驗布에 附着된 鐵을 6N-HCl로 溶解시킨 다음 hydroxylamine hydrochloride로 還元하고 ortho-phenanthroline으로 發色시켜 pH4~7로 맞춘 후 Spectronic 20 (Bausch & Lomb)를 使用하여 波長 505nm에서 吸光度(O.D.)를 測定하였다. 測定한 O.D.는 ferrous ammonium sulfate로부터 얻은 Fe 檢量線을 使用하여 Fe_2O_3 의 量으로 換算해서 試驗布 100cm^2 당 附着된 固型汚染의 mg數로 表示하였다.

모든 實驗値는 같은 變因을 3회 實驗하여 그 平均値를 使用하였다.

結果 및 考察

界面活性劑의 種類 및 濃度변화에 따른 固型汚染의 附着程度

纖維의 種類別로 界面活性劑의 種類 및 濃度에 따른 固型汚染의 附着程度를 살펴보기 위해 陰ion系 界面活性劑인 SLS와 非ion系 界面活性劑인 PONPE를 使用하여 汚染濃度 1%, 溫度 40°C 에서 檢討한 結果

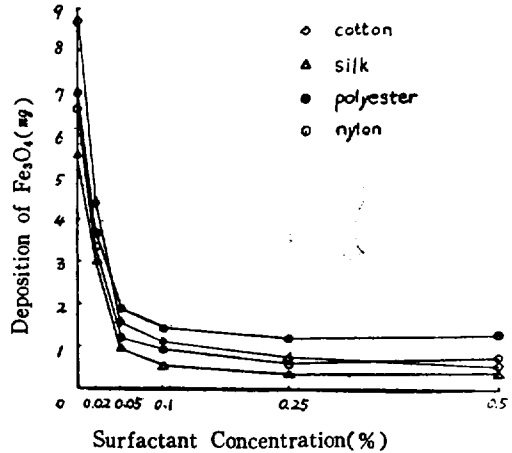


Fig. I Effect of sodium lauryl sulfate concentration on the deposition of particulate soil onto various fabrics.

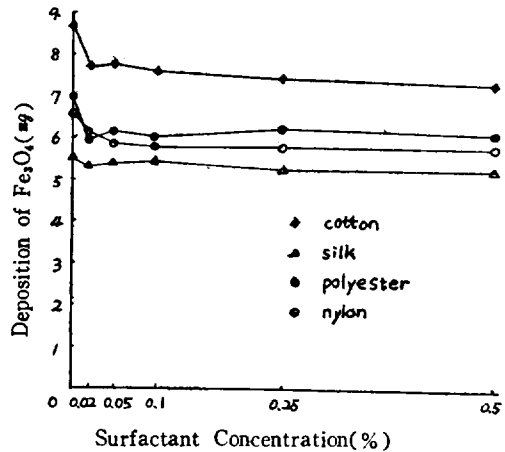


Fig. II Effect of polycxyethylene nonylphenol ether concentration on the deposition of particulate soil onto various fabrics.

는 각각 Fig. I, Fig. II와 같다.

Fig. I에 의하면 모든 纖維織物에서 陰ion系 界面活性劑인 SLS의 경우 界面活性劑의 濃度 0.05%까지 界面活性劑의 濃度가 증가함에 따라 固型汚染의 附着量이 크게 감소하다가 0.05~0.1%에서는 약간 감소하였고 그 이상의 濃度에서는 별로 변화가 없었다.

纖維의 種類別로는 界面活性劑의 濃度 0.02%까지는 silk < nylon < polyester < cotton의 順으로 固型汚染의 附着量이 많았고 0.05% 이상에서는 silk < nylon < cotton < polyester의 順으로 나타났다.

Fig. II에 의하면 非ion系 界面活性劑인 PONPE의 경우는 界面活性劑의 濃度 0.02%에서 固型汚染의 附着量이 약간 감소하였고 그 이상 界面活性劑의 濃도가 증가하여도 汚染附着量에는 별로 차이가 없었다.

纖維의 種類別로는 silk < nylon < polyester < cotton의 順으로 汚染附着量이 많았다.

그리고 Fig. I과 Fig. II를 비교해보면 모든 纖維에서 界面活性劑의 濃도에 관계없이 陰ion系 界面活性劑인 SLS에서 非ion系 界面活性劑인 PONPE 보다 汚染의 附着量이 월등하게 적게 나타났다.

以上的 結果에서 볼 때 陰ion系 界面活性劑에서 非ion系 界面活性劑보다 汚染附着量이 적게 나타난 것은 極性汚染인 四三酸化鐵의 分散에 陰ion系 界面活性劑가 효과적인 때문으로 생각된다. 이는 여러가지 陰ion系와 非ion系 界面活性劑를 使用하여 極性인 MnO_2 와 非極性인 carbon의 分散력을 測定한 결과 MnO_2 의 경우는 陰ion系 界面活性劑의 分散력이 크게 나타나고 Carbon의 경우는 非ion系 界面活性劑의 分散력이 더 크게 나타난 Mankowich(1952)의 報告와도 一致한다.

汚染의 附着量이 界面活性劑의 濃도증가에 따라 계속하여 감소하지 않고 어느 濃도 이상에서는 변화가 적은 것은 汚染의 附着量이 界面活性劑의 cmc(critical micell concentration)와 관계가 있다고 한 Phansalkar(1955), Rutkowski(1968)의 報告와 관련이 있는 것 같다. 界面活性劑가 한계농도에 이를 때까지 섬유와 오염이 界面活性劑를 吸着하여 zeta potential이 급격히 증가하다가 그 이상의 濃도에서는 거의 일정해지기 때문으로 생각된다.

한편 固型汚染의 附着量은 纖維의 種類別로 차이가 있어 陰ion系 界面活性劑인 SLS의 경우 界面活性劑 濃도 0.02%까지는 silk < nylon < polyester < cotton의 順으로 나타났고 0.05% 이상에서는 polyester의 汚染附着量이 가장 크게 나타났으며 非ion系 界面活性劑인 PONPE의 경우는 濃도에 관계없이 silk < nylon < polyester < cotton의 順으로 나타났다.

固型汚染이 織物에 附着되는 상태에 관해 Compton

과 Hart(1951, 1953)는 여러가지 크기의 carbon이 각종 纖維에 附着되는 실험을 한 후 固型汚染은 대부분 纖維表面의 주름진 부분에 끼는 microocclusion에 의해서 纖維에 汚染되므로 汚染의 크기와 形態, 纖維의 表面構造등 기하학적인 관계가 중요하다고 하였고 주어진 오염에 대한 界面活性劑의 分散력은 纖維의 種類에 따라 달라진다고 하였다.

이에 반해 Powe(1959)는 固型汚染의 附着방식으로 microocclusion보다는 sorption이 더 중요하다고 하였다.

여기서 0.02%이하의 SLS용액에서 cotton의 汚染附着量이 가장 크게 나타난 것은 다른 시료에 비해 천의 두께가 훨씬 두꺼웠고 spun yarn으로 되어 있어 sorption外에 mechanical entrapment의 가능성이 크기 때문인 것 같다.

Silk에 汚染이 가장 적게 附着되고 nylon과 polyester에 보다 많이 부착되었는데 이는 纖維와 汚染의 親和력과 관계가 있는 것 같다. Morris(1982)는 spun polyester fabric이 P/C나 cotton fabric보다 clay에 대한 親和력이 크게 나타났다고 하였고 Kennedy(1968)도 clay의 附着정도가 cotton이나 silk보다 nylon, polyester에서 크다고 하였다.

非ion系 界面活性劑인 PONPE에서 汚染의 附着量이 silk < nylon < polyester < cotton의 順序로 나타난 것도 纖維의 構造와 纖維와 汚染의 親和력과 관계있는 것 같다.

溫度變化에 따른 固型汚染의 附着程度

溫度變化에 따른 固型汚染의 附着程度를 살펴보기 위해 陰ion系 界面活性劑인 SLS를 使用하여 界面活性劑 濃도 0.25%, 汚染濃도 1%로 하여 調査한 結果는 Fig. III과 같다.

이에 의하면 cotton의 경우 洗液의 溫度가 20°C에서 40°C로 상승함에 따라 固型汚染의 附着量이 감소하다가 그 이상의 溫度에서는 溫度상승에 따라 汚染附着量이 증가하였고 다른 纖維는 모두 溫度상승에 따라 汚染附着量이 계속해서 증가하였다.

이와같이 溫度상승에 따라 汚染의 附着量이 증가한 것은 온도가 상승함에 따라 界面活性劑의 分散력이 감소되었기 때문에 나타난 結果라고 생각된다.

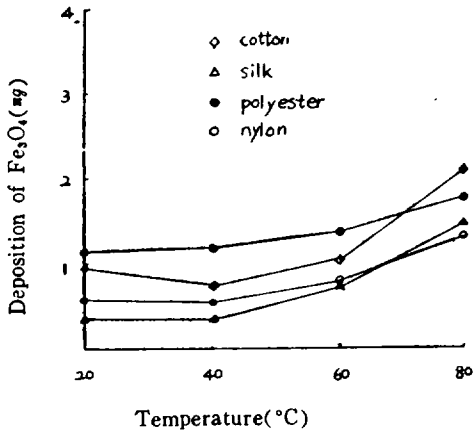


Fig. 11 Effect of temperature on the deposition of particulate soil onto various fabrics.

Tuzson(1962)도 固型汚染의 입자크기가 작은 경우 溫度의 영향을 많이 받아 agglomeration이 촉진되며 일단 agglomeration된 汚染은 다시 分散시키기가 어렵다고 하였다.

그런데 Mankowich(1952)의 實驗에 의하면 溫度의 상승에 따른 界面活性劑의 分散力の 변화정도는 汚染의 極性和 界面活性劑의 種類에 따라 크게 차이가 나서 非極性 汚染인 Carbon에 대한 非ion系 界面活性劑의 分散力은 溫度상승에 따라 오히려 크게 증가하였다.

여기서는 纖維의 種類에 따라 差異를 보이고 있어 纖維의 영향을 구체적으로 살펴보기 위해서는 汚染과 界面活性劑를 變因으로 한 많은 研究가 필요할 것 같다.

摘 要

纖維의 種類로 cotton, silk, nylon, polyester를 使用하고 界面活性劑로는 陰ion系인 sodium lauryl sulfate와 非ion系인 polyoxyethylene nonylphenol ether를 택하여 界面活性劑의 濃度和 洗液의 溫度變化에 따른 固型汚染의 附着程度를 살펴보았다. 固型汚染으로는 定量分析이 가능한 四三酸化鐵을 使用하였고 그 結果는 다음과 같다.

1. 非ion系 界面活性劑인 PONPE보다 陰ion系 界面活性劑인 SLS에서 四三酸化鐵의 附着量이 훨씬 적게 나타났고 SLS의 경우 界面活性劑의 濃도가 증가함에 따라 固型汚染의 附着量이 급격히 감소하다가 어느 濃도 이상에서는 별로 변화가 없었다. PONPE의 경우는 界面活性劑 濃도에 따른 영향이 작았다.

2. 纖維의 種類에 따른 固型汚染의 附着程度는 PONPE의 경우 界面活性劑 溫度에 관계없이 silk < nylon < polyester < cotton으로 나타났고, SLS의 경우는 0.02%까지 silk < nylon < polyester < cotton의 順이었고 0.05% 이상에서는 polyester에의 附着量이 cotton 보다 많았다.

3. 溫度가 상승함에 따라 모든 纖維에서 固型汚染의 附着量이 증가하였고 그 程度는 纖維의 種類에 따라 차이를 보였다.

4. 이상으로 보아 固型汚染의 附着程度는 界面活性劑의 分散력과 관련이 있으며 織物의 表面形態 및 纖維와 汚染間의 親和力에 의해 영향을 받는 것으로 생각된다.

引 用 文 獻

Compton, J. and Hart, W. J., 1951 : Soiling and Soil Retention in Textile Fibers—Cotton Fiber Grease Free Carbon Black Systems, *Ind. Eng. Chem.*, 43, 1564.
 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.
 Gorden, B. E. and Bastin, E. L., 1968 : The Development of a Particulate Radioactive Soil for Detergency Studies, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 45, 754.

- Kennedy, J. M. and Stout, E. E., 1968 : *ibid*, 57, 11.
- Lange, H., 1961 : *Am. Dyestuff Reprtr.* 50, No.12, 25(June 12).
- McBain, J. W., 1942 : *Advances in Colloid Science*, I. Kraemer, E. D., ed., 99, New York, Interscience Publishers Inc.
- Morris, M. A. and Prato, H. H., 1982 : The Effect of Wash Temperature on Removal of Particulate and Oily Soil from Fabrics of Varying Fiber Content, *Textile Res. J.*, 52, 280.
- Phansalkar, A. K. and Vold, R. D., 1955 : A Tracer Method for Determination of Deposition of Carbon on Cotton, *J. Phys. Chem.*, 59, 885.
- Porter, A. S., 1957 : Second International Congress of Surface Activity, Vol. IV, New York, Academic Press, 103~112.
- Powe, W. C., 1959 : *Textile Res. J.*, 29, 879
- Reich, I. and Vold, R. D., 1959 : *J. Phys. Chem.* 63, 1497.
- Rutkowski, B. J., 1968 : An Electrophoretic Study of the Detergency Process, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 45, 266.
- Shimauchi, S. and Mizushima, A., 1968 : Soil Redeposition of Polyester Fiber and Its Test Method, *Amer. Dye Rep.*, 57, 462
- Stevenson, D. G., 1961 : Mechanism of Detergency, *J. Society of Cosmetic Chemists*, 7, 353.
- Tuzson, J. and Short, B. A., 1962 : A Study on the Agglomeration, Deposition and Removal Process of Clay Particles, *Textile Res. J.*, 32, 111.