Journal of the Korean Society
of Clothing and Textiles
Vol. 6, No. 2 (1982)

固型汚染의 再沈着에 영향을 미치는 諸因子

裵 玄 淑*·金 聲 連

서울大學校 家政大學 衣類學科

Some Factors Affecting on the Redeposition of Particulate Soil

Hyun Sook Bae* and Sung Reon Kim

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

(82.7.19 접수)

Abstract

The removal and redeposition of particulate soil occur simultaneously during the washing process. In order to investigate variables which affect on the redeposition of particulate soil, cotton lawn was soiled in the iron oxide black suspension using Launder-O meter. The amount of deposited soil was estimated by means of the spectrometric analysis of iron on the fabric after soiled.

The results are as follows:

1. The presence of surfactants in suspension decreased the deposition of particulate soil and the most effective surfactant was soap and the descending order was NaDBS>CTAB>PONPE.
2. The influnce of temperature on soil deposition was considerable, soil deposition was gradually increased with elevating temperature in ionic surfactants solution suchas NaDBS and CTAB but that was decreased above 40°C in nonionic surfactant solution.
3. The tendency of soil deposition was dwindled by adding electrolytes especially in case of polyvalent anions.
4. From the results of the experiments redeposition of particulate soil was related with suspending power of surfactants and was influenced by factors varing zeta potential.

I. 緖 論

洗滌은 媒質, 洗劑 및 物理的인 힘의 作用에 依해 汚染이 纖維로 부터 分離되어 洗液中에 分散되고 그 分散液이 安定化 됨으로써 이루어진다[1].

그런데 汚染成分中 纖維에 附着되어 있는 固型汚染은 大部分 clay mineral로서 纖維에는 보통 集合狀態[2,3](aggregates)로 存在하여 Van der Waals force, coulombic force등에 依해 附着되어 있으므로[3,4] 이러한 結合에 依해 弱하게 纖維에 附着되어 있는 固型汚染은 비교적 除去가 용이하여 洗劑에 依해 安定된 分散液을 이룬다. 이때 除去된 固型汚染粒子의 分散이 不

* 紀全女子專門大學 衣裳科
* Dept. of Fashion Design, Kijeon Women's Junior College

安定하면 Van der Waals 引力에 依해 粒子가 會合하여 分散液의 安定性을 減少시키므로 洗滌效果가 低下된다[6].

따라서 이와같은 汚染이 被服의 着用과 洗濯을 되풀이 하는 過程에서 完全히 除去되지 않고 被服에 蓄積되어 白色被服을 黃變시키는 原因이 된다[3,7,8]. 또한 汚染中의 遊離脂肪酸은 洗濯水中의 Ca^{++}, Mg^{++} ion에 依하여 不溶性 金屬鹽을 形成하여 纖維에 沈着되면서 洗滌에 依해 纖維로 부터 탈락된 洗滌液中의 固型汚染을 吸着하여 再沈着을 增加시키게 되므로[3,7,9~12] 固型汚染의 再沈着은 洗滌過程에서 主要한 因子로 作用하리라 생각된다.

그러나 固型汚染의 再沈着現象을 定量的으로 明確하게 규명하기 어려운 것은 洗滌過程에서 汚染粒子의 除去와 會合(flocculation), 分割(deflocculation) 및 再沈着現象이 同時에 發生하므로 그 作用限界가 뚜렷하지 않기 때문이다[14]. 그런데 一般的으로 固型汚染의 除去와 再沈着은 界面活性劑 存在下에서 可逆的으로 進行되므로 固型汚染의 再沈着은 洗液의 分散力과 密接한 關係를 갖는다[13~16]. 또한 洗滌時 汚染條件 및 洗滌條件이 固型汚染의 再沈着現象에 重要한 影響을 미치리라 생각된다. 이러한 固型汚染의 再沈着에 影響을 주는 因子들에 關하여 여러 硏究가 있으며 특히, 洗滌過程에서 硬水를 使用할때 水中의 鐵이 固型汚染의 因子維가 黃變하는 重要한 原因으로 推定되고 있으나 이에 가 되어 纖關한 具體的인 報文은 별로 없다.

그러므로 本 硏究에서는 固型汚染으로 酸化鐵을 使用하여 再沈着에 影響을 미치는 變因을 살펴보기 爲해 洗滌에 依한 汚染除去過程을 無視하고 固型汚染의 沈着에 미치는 界面活性劑의 種類, 溫度, 電解質 그리고 pH의 影響을 通하여 再沈着을 變化시키는 제 要因을 檢討하여 보았다. 固型汚染의 再沈着에 對한 評價方法은 一般的으로 carbon black에 依한 表面反射率 測定法이 널리 使用[17]되고 있으나 이 方法은 再沈着된 汚染을 定量하기 어렵다. 따라서 本 實驗에서는 固型汚染으로 定量分析이 可能한 四三酸化鐵을 使用하고 沈着된 鐵을 酸에 溶解하여 分光分析法으로 定量함으로써 固型汚染의 再沈着을 評價하였다.

Ⅱ. 實　驗

1. 試驗布 및 試藥

1) 試驗布

試驗布는 市販 cotton lawn을 Na_2CO_3 10% (o.w.f.) 液比 30 : 1로 100°C에서 3시간 精練한 後, soxhlet 抽出器로 benzene: ethyl alcohol (2 : 1)의 共沸混合物로 8時間 抽出하여 使用하였으며 그 特性은 Table Ⅰ. 과 같다.

Table Ⅰ. Characteristics of fabric

Material		Cotton 100%
Weave construction		Plain
Yarn number	—warp	60′Ne
	—weft	60′Ne
Fabric count (ends & picks/25mm)		104×88
Thickness		0.196

2) 試　藥

비누 : 市販 Ivory(비누分 99.4%),

Sodium dodecyl benzene sulfonate(Na DBS), hard type: 試藥一級(東京化成工業株式會社)

Cetyl trimethyl ammonium bromide(CTAB): Merck Polyoxyethylene nonylphenol ether(n=10) (PONPE): 試藥一級(東西化學株式會社)

Sodium chloride (NaCl): 試藥一級(和光純藥株式會社)

Sodium carbonate (Na_2CO_3): 試藥一級(純正化學株式會社)

Sodium sulfate, anhydrous (Na_2SO_4): 試藥一級(石津製藥株式會社)

Sodium metasilicate (Na_2SiO_3): 試藥一級(Kishida 化學株式會社)

Sodium tripolyphosphate($Na_5P_3O_{10}$): 試藥一級(Kishida 化學株式會社)

Magnesium chloride ($MgCl_2$): 試藥一級(和光純藥株式會社)

Boric acid (H_3BO_3): 試藥一級(關東化學株式會社)

Iron oxide, black (Fe_3O_4): 試藥一級(和光純藥株式會社)

Ferrous ammonium sulfate($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) :試藥特級(石津製藥株式會社)

Ortho-phenanthroline hydrochloride($C_{12}H_8N_2 \cdot HCl$) :(林純藥工業株式會社)

其他試藥은 모두 試藥用 一級을 使用하였다.

2. 實驗方法

1) 試驗布 準備

精練, 抽出한 試驗布의 四方가장자리에서 실제 크기가 5×10cm 가 되도록 정돈한 후 20±2°C, 65% (R.H.) 狀態에서 保管, 使用하였다.

2) 汚染附着試驗

固型汚染으로 iron oxide, black을 갈아서 使用하였으며 그 粒子의 크기는 0.3~0.5μ 정도였다. 試驗은 洗滌瓶에 洗液 100ml를 넣고 豫熱하여 一定時間(10分間) 攪拌한 後 試驗布 2枚를 steel ball 10개와 함께 넣고 Launder-0 meter (Toyo Rika Instrument Inc., 製作)를 使用하여 규정온도에서 20分間 42 r.p.m.로 稼動한 후 水洗하여 空氣中에서 乾燥시켰다.

3) 汚染附着量의 算出

試驗布에 附着된 汚染을 洗滌時 固型汚染의 再沈着量으로 보고 固型汚染이 附着된 綿布를 6N HCl로 처리하여 沈着된 鐵을 溶解시킨후 hydroxylamine hydrochloride로 還元하고 0-phenanthroline으로 發色시켜 pH 4~7로 맞추어 spectrophotometer (Pye Unicam sp6 series)를 使用하여 波長 505nm에서 O.D. (optical density)를 測定하였다. 測定한 O.D.는 ferrous ammonium sulfate[$FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$]로 부터 얻은 鐵檢量線을 利用하여 Fe_3O_4로 換算해서 試料 100cm² 당 附着된 汚染의 mg 數로 表示하였다.

4) 分散力의 測定

Iron oxide, black을 50mg 取하여 250ml 共栓 flask에 넣고 界面活性劑 溶液 100ml를 加하여 constant temperature waterbath shaker (200 r.p.m.)에서 40±2°C의 溫度로 20分間 진탕시킨후 즉시 100ml cylinder에 옮겨 waterbath에 靜置시켜 規定時間(10, 20, 30, 45, 60分)마다 上部에서 pipet으로 이 液 10ml를 取하여 分散된 鐵의 含量을 分析하여 다음式에 따라 分散力을 計算하였다. 分析方法은 汚染附着量 分析法과 同一한 方法을 使用하였다.

$$\text{分散力} = \frac{t\text{時間後의 鐵의 含量}}{\text{分散直後의 鐵의 含量}} \times 100\%$$

Ⅱ. 結果 및 考察

1. 界面活性劑의 種類 및 濃度가 固型汚染의 沈着에 미치는 影響

界面活性劑의 種類 및 濃度에 따른 固型汚染의 沈着을 살펴보기 위해 陰ion系界面活性劑인 비누, NaDBS, 陽ion系 界面活性劑인 CTAB, 非ion系 界面活性劑인 PONPE를 使用하여 汚染濃度 1%, 溫度 40°C에서 試驗한 結果는 Fig. Ⅰ과 같다.

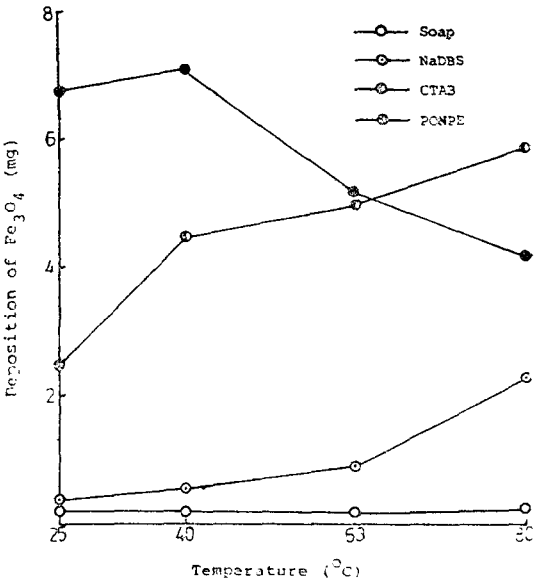

Fig. Ⅰ. Effect of surfactant concentrations on the deposition of particulate soil.

이에 依하면 汚染附着量이 soap<NaDBS<CTAB<PONPE 順으로 非ion系 界面活性劑보다 ion系 界面活性劑에서 沈着이 적게 나타났는데 이것은 極性인 酸化鐵이 陰ion系 界面活性劑를 吸着하여 zeta potential을 增加시켜서 分散이 安定[18]해 지는 것으로 생각된다 이는 또한 Table Ⅱ의 界面活性劑의 分散力의 順序와 一致하고 있으므로 界面活性劑 溶液의 分散力이 固型汚染의 再沈着에 作用함을 나타내는 것이며 Mankowich[13], Reich[15], Phansalkar[18], Harris[20] 등의 報告를 뒷바침하고 있다.

그런데 界面活性劑용액의 濃度가 增加함에 따라 汚染附着量이 減少하다가 어느 濃度 以上이 되면 더 이상 汚染附着量이 減少되지 않았다. 이때 濃度는 PONPE가 가장 낮고 그 다음이 CTAB, soap, NaDBS의 順이었다. 이것은 各 界面活性劑의 C.M.C. (critical micelle concentration)順序와 一致하고 있어 固型汚染의 沈着이 界面活性劑의 cmc와 關係가 있다고 한 Phansalkar[19]와 Rutkowski[21]의 見解와 合致하는 것이다.

한편 界面活性劑의 濃度를 一定(0.25%)하게 한 後 分散液의 汚染濃度에 따른 附着量은 Table Ⅲ과 같다.

Table Ⅱ. Suspending power of surfactant solutions (%)

Time (min)	Soap	NaDBS	CTAB	PONPE
0	100	100	100	100
10	55.4	27.6	22.6	9.03
20	22.6	21.2	21.0	8.31
30	16.3	11.0	10.5	5.70
45	13.3	10.3	8.86	5.70
60	11.8	8.68	8.16	5.70

Table Ⅲ. Relation between the deposition of particulate soil and the concentration of particulate soil in surfactant solutions (mg/100cm²)

Conc. of particulate soil(%)	Soap	NaDBS	CTAB	PONPE
0.5	0.13	0.28	2.05	3.61
1	0.17	0.52	4.48	7.16
2	0.25	0.86	10.7	14.4
3	0.30	1.10	16.8	21.3

이에 依하면 界面活性劑의 種類에 關係없이 汚染濃度가 增加함에 따라 汚染附着量이 增加하였으며 특히 陽 ion 系 界面活性劑인 CTAB와 非 ion 系 界面活性劑인 PONPE에서 汚染附着量이 顯著하게 增加하였다. 이는 極性인 固型汚染이 ion 系 界面活性劑에 依해 電氣的인 影響을 받으므로 soap, NaDBS와 같은 陰 ion系 界面活性劑에서는 汚染濃度가 增加하더라도 附着量이 크게 變化하지 않았으나 陽 ion系 界面活性劑인 CTAB에서는 界面活性劑가 陽荷電을 띄므로 汚染의 荷電에 미치는 影響이 적어서 汚染附着量이 상당하게 增加한 것으로 생각된다. 그러나 非 ion 系 界面活性劑의 境遇는 界面活性劑가 汚染의 荷電에 電氣的인 影響을 미치지 못하므로 汚染濃度에 比例하여 附着量이 增加한 것으로 보여진다.

以上의 結果로 미루어 固型汚染의 再沈着은 界面活性劑의 分散力이 크게 作用하고 있으며 이 分散力은 界面活性劑의 ion性과 密接한 關係가 있음을 알 수 있다.

2. 溫度變化가 固型汚染의 沈着에 미치는 影響

洗滌時 主要變因中의 하나인 溫度가 固型汚染의 沈着에 미치는 影響을 檢討하기 爲하여 界面活性劑 濃度 0.25%, 汚染濃度 1%로 하여 實驗하였다.

Fig. Ⅱ 에 依하면 ion 系 界面活性劑인 NaDBS와

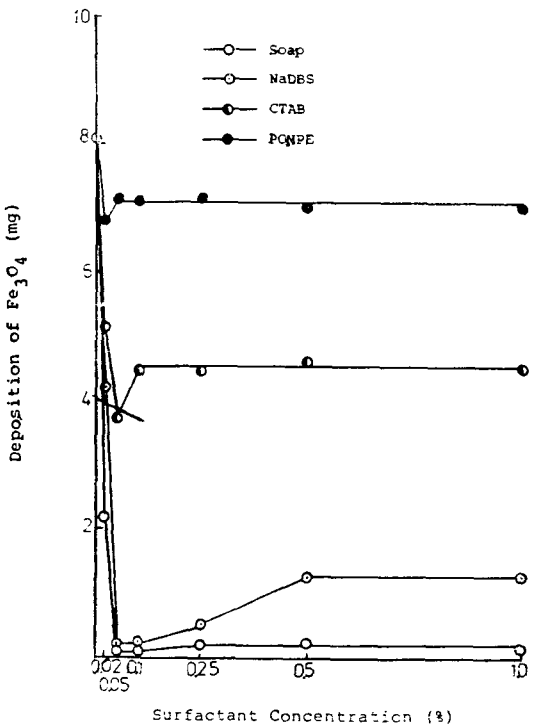

Fig. Ⅱ. Effect of temperature on the deposition of particulate soil.

CTAB의 境遇, 溫度가 上昇함에 따라 汚染附着量이 增加하였는데 이는 溫度가 上昇하면 界面活性劑의 cmc와 汚染의 mobility가 增加하며[20], 汚染分散液에 存在하는 汚染粒子의 velocity가 增加하여 kinetic energy가 올라가기 때문이다. 또한 Mankowich[13]는 極性汚染인 境遇 溫度가 上昇하면 ion系 界面活性劑의 分散의 安定性이 減少한다고 報告하였는바 이에 따라 固型汚染의 沈着이 增加한 것으로 생각된다. 그러나 非 ion 系 界面活性劑인 PONPE에서는 溫度가 上昇함에 따라 汚染附着量이 減少하여 ion 系 界面活性劑와는 다른 現象을 보이고 있다.

3. 電解質 添加가 固型汚染의 沈着에 미치는 影響

汚染分散液에 電解質을 添加하여 固型汚染의 沈着에 미치는 影響을 檢討하기 爲해 界面活性劑濃度 0.25%, 汚染濃度 1%, 溫度 40°C에서 實驗한 結果는 Fig. Ⅲ과 같다. 電解質로는 NaCl, Na_2SO_4, Na_2CO_3, Na_2SiO_3 $MgCl_2$, $Na_5P_3O_{10}$ 6種類를 擇해 陽 ion과 陰 ion의 影響 및 ion의 荷電數의 影響을 考察하였다.

이에 依하면 陽 ion보다 陰 ion에 依해 汚染附着量이 減少되었는데, 陽 ion에 依해서는 系의 zeta pote-

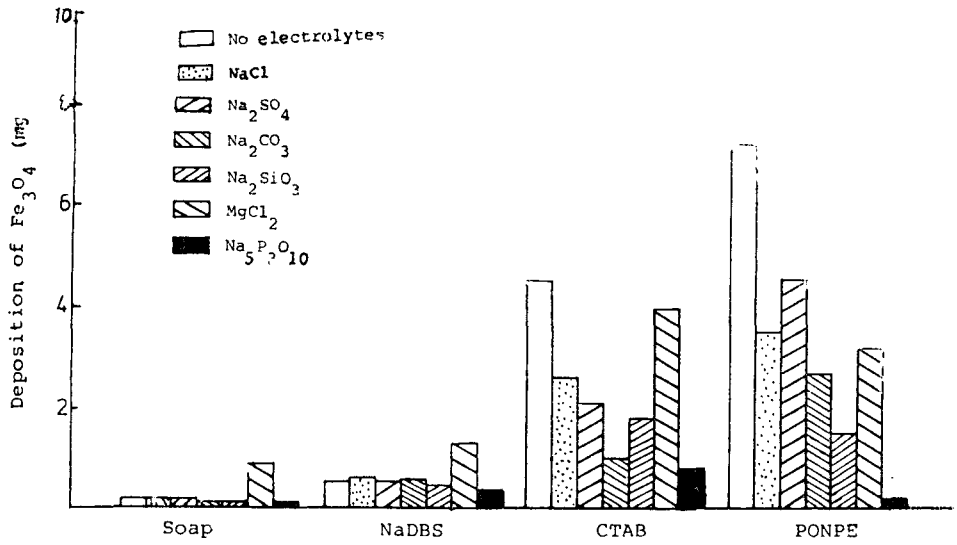

Fig. Ⅲ. Effect of electrolytes in surfactant solutions on the deposition of particulate soil. (electrolytes conc.: 0.1M)

ntial이 減少되나 陰 ion에 依해서는 zeta potential이 增加[20,21]하므로 陰 ion이 汚染附着量을 低下시키는데 效果的임을 알 수 있다. 한편, ion의 荷電數의 影響을 比較하면 陰 ion의 荷電數가 增加할수록 汚染附着量이 低下되어 多價 陰 ion인 燐酸鹽 電解質 添加時에는 汚染附着量이 현저하게 減少하였다. 또한 燐酸鹽 電解質은 界面活性劑溶液에 分散된 固型汚染의 再沈着을 防止하는 水和層을 만들므로[21] 汚染附着量이 特히 減少한 것으로 생각된다. 이에 反해 多價陽 ion에 依해서는 陰 ion 系 界面活性劑인 soap와 NaDBS의 境遇 汚染附着量이 오히려 增加함을 보였다.

固型汚染과 纖維사이에 發生하는 repulsive force는 系의 zeta potential에 依해 左右되므로 界面活性劑 溶液에 電解質을 添加하면 zeta potential이 影響을 받게 되어 결국 汚染沈着에 變化를 초래하게 된다. 여기에는 陽 ion 보다 陰 ion이, 特히 荷電數가 큰 陰 ion 일수록 汚染附着量을 減少시키는데 效果的이다.

4. 洗液의 pH가 固型汚染의 沈着에 미치는 影響

固型汚染의 沈着에 미치는 pH의 影響을 檢討하기 爲하여 界面活性劑溶液에 電解質을 添加한후 緩衝溶液으로 pH를 조절하여 汚染附着量을 試驗하였다. 電解質로는 Na_2CO_3와 Na_2SiO_3를 添加하였고 界面活性劑溶液의 pH조절은 Clark-Lubs[22]의 緩衝液 作成法에 依하여 0.1M NaOH 溶液과 0.1M H_3BO_3 溶液을 使用하여 pH를 10.7±0.05로 조절하였다.

Fig. Ⅳ에 依하면 陰 ion系 界面活性劑인 Soap와 NaDBS는 電解質의 添加 여부에 關係없이 pH가 汚染附着量에 큰 影響을 미치지 않았으나 CTAB와 PONPE의 경우에는 pH 조절 전보다 汚染附着量이 현저히 低下되었다. 이는 界面活性劑溶液의 pH조절을 爲해 添加한 완충용액이 溶液內에서 電解質로 作用[23]하여 汚染附着量을 減少시킨 것으로 사료된다. 특히 Na_2SiO_3를 添加時에는 Fig. Ⅲ에서의 燐酸鹽 電解質의 效果와 비슷한 結果를 보여 汚染附着量이 相當量 減少하였으나 완충용액과 함께 添加하였으므로 그 作用이 明確치 않은 것으로 推定된다. 한편, 界面活性劑溶液의 pH가 固型汚染의 沈着에 미치는 影響을 alkali를 添加하여 좀더 자세히 관찰하여 보았다.

Fig. Ⅴ는 NaOH normal濃度에 따른 固型汚染의 沈着量을 semilog graph에 表示한 것으로 界面活性劑 濃度 0.25%, 汚染濃度 1%, 溫度 40°C에서 實驗한 결과이다. 이에 依하면 陰 ion系 界面活性劑에서는 alkali 添加時 汚染附着量의 變化가 뚜렷하지 않았으나, 陽 ion 系 界面活性劑의 境遇 NaOH 濃度가 계속 增加함에 따라 汚染附着量이 增加하다가 다시 減少하여서 NaOH 濃度가 10×10^{-3}N에서 최고의 汚染 附着量을 보이고 있다. 反面 非ion系 界面活性劑의 境遇는 NaOH 濃度가 增加함에 따라 汚染附着量이 계속 減少하였다.

이와같은 事實로 固型汚染의 再沈着에는 界面活性劑

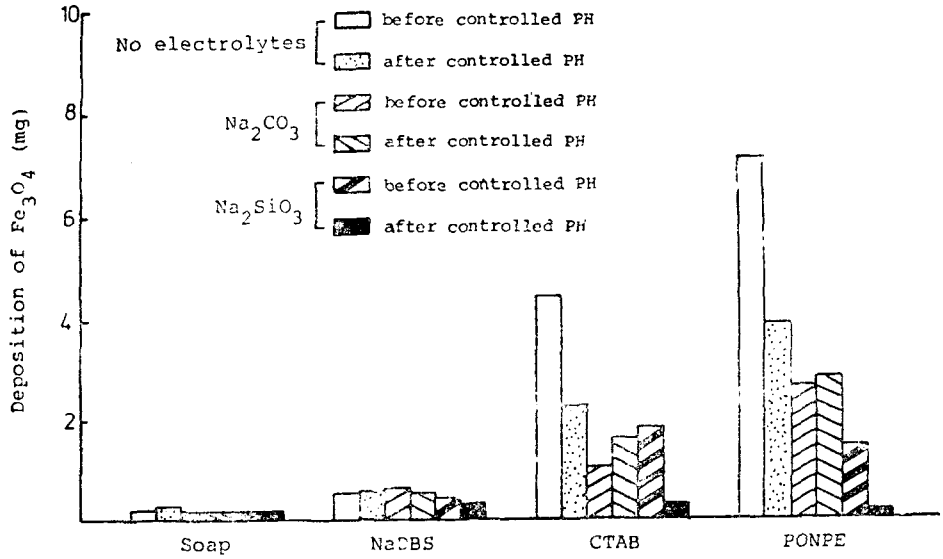

Fig. Ⅳ. Effect of pH and electrolytes in surfactant solutions on the deposition of particulate soil. (electrolytes conc.: 0.1M)

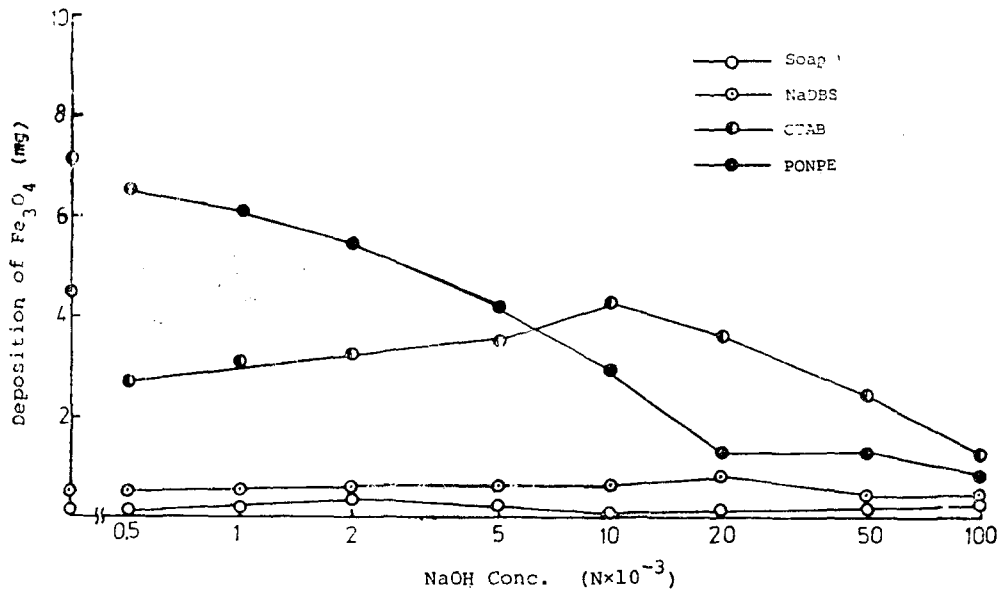

Fig. Ⅴ. Effect of NaOH concentration in surfactant solutions on the deposition of particulate soil.

의 pH보다는 系의 zeta potential에 影響을 미치는 電解質 ion의 作用이 큰 것으로 생각되고 있다.

Ⅳ. 結 論

洗滌過程에서 固型汚染의 除去와 再沈着現象은 同時에 일어나며 여기에 다른 現象이 복합적으로 發生하므로 本 實驗에서는 固型汚染의 再沈着에 對한 變因을 살펴보기 爲하여 洗滌時의 汚染除去過程을 無視하고 纖維에 固型汚染이 附着되는 過程으로써 再沈着現象을 檢討하였다.

試驗은 cotton lawn에 Fe_3O_4의 固型汚染을 使用하

여 界面活性劑의 種類, 濃度, 溫度, 電解質 및 alkali 添加時의 固型汚染의 附着量을 鐵의 分光分析法에 依해 定量하여 固型汚染의 再沈着量으로 表示하였으며 그 結果는 다음과 같다.

1) 界面活性劑 種類에 따른 固型汚染의 沈着은 soap <NaDBS<CTAB<PONPE 順으로 나타났으며 이는 各 界面活性劑의 分散力의 順序와 一致하고 있다. 또한 界面活性劑의 濃度가 增加함에 따라 초기에는 汚染附着量이 減少하다가 어느 濃度 以上이 되면 汚染附着量에 거의 變化가 없었다.

2) 溫度가 上昇함에 따라 NaDBS, CTAB는 汚染附着量이 增加하였으나 PONPE는 溫度가 上昇함에 따라 汚染附着量이 계속 減少하는 경향을 보이고 있다.

3) 界面活性劑溶液에 電解質을 添加하면 界面活性劑의 種類에 關係없이 汚染附着量이 減少하였는데 이는 特히 燐酸鹽 電解質이 汚染附着量을 低下시키는데 가장 效果的이었다.

4) 電解質과 함께 界面活性劑溶液에 완충용액을 加하여 pH를 조절한 境遇, 뚜렷한 變化를 보이지 않았으며, 조절시 汚染附着量이 減少한 것은 완충용액이 電解質로 作用하여 汚染附着量에 影響을 미친 것으로 推定된다.

5) Alkali 添加에 따른 固型汚染의 再沈着은 陰ion系 界面活性劑의 境遇, alkali 溶液에 依해 큰 影響을 받지는 않았으나 NaOH濃度가 增加함에 따라 陽 ion系 界面活性劑에서는 최고의 汚染沈着을 보이고 있다. 다만 非 ion系 界面活性劑의 境遇는 NaOH濃度가 增加함에 따라 汚染附着量이 계속 減少하였다.

6) 以上의 事實로 미루어 固型汚染의 再沈着은 界面活性劑의 分散力이 크게 作用하며, 이와 더불어 系의 zeta potential을 變化시키는 要因이 이에 影響을 미치리라 생각된다.

參 考 文 獻

1) 金聲連, 李順愛, 被服管理學, 敎文社, p.92(1977)
2) W.G. Cutler and R.C. Davis, Surfactant Series, volume 5, Detergency Theory and Test Method, Marcel Dekker Inc., 51(1972)
3) T. Fort Jr., H.B. Billica and C.K. Sloan, Studies of Soiling and Detergency. Part Ⅰ-Observation of Naturally Soiled Textile Fabrics, *Textile Res. J.*, **36**, 7(1966)
4) W.C. Powe, The Nature of Tenaciously Bound Soil on Cotton, *Textile Res. J.*, **29**, 879(1959)
5) J. Compton and W.J. Hart, Soiling and Soil Retention in Textile Fibers-Cotton Fiber Grease free carbon black Systems, *Ind. Eng. Chem.*, **43**, 1564(1951)
6) O.E. Ford, Suspending Power and Soil Removal in Detergency, *Textile Res. J.*, **38**, 339 (1968)
7) T.H. Grindstaff, H.T. Pattertson and H.R. Billica, Studies of Soiling and Detergency, part Ⅲ-Detergency Experiments with Particulate Carbon Soils, *Textile Res. J.*, **37**, 564 (1967)
8) W.C. Powe and W.L. Marple, The Fatty Acid Composition of Clothes Soil, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **37**, 136 (1960)
9) W.G. Cutler and R.C. Davis, Surfactant Series, Volume 5, Detergency Theory and Test Method, Marcel Dekker Inc., 178 (1972)
10) J.M. Lambert, Cationic Adsorption and Exchange as shown by Radiocalcium Tracer Studies, *Ind. Eng. Chem.*, **42**, 1394 (1950)
11) A.M. Schwartz, J.W. Perry and J. Berch, Surface Active Agents and Detergents, *volume 2, Wiley Interscience*, N.Y., p. 510-511 (1958)
12) M.E. Ginn, E.L. Brown, and J.C. Harris, Solubilization of Fatty Soils by Radiotracer Technique, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **38**, 361(1961)
13) A.M. Mankowich, Selection of Surface Active Agents for Detergent Applications-Suspending Power and Micellar Solubilization, *Ind. Eng. Chem.*, **44**, 1151 (1952)
14) J. Tuzson and Brant A. Short, A Study on the Agglomeration, Deposition and Removal Process of Clay Particles, *Textile Res. J.*, **32**, 111(1962)
15) I. Reich and Robert D. Vold, Flocculation-Deflocculation in Agitated Suspensions-Carbon and Ferric Oxide in Water, *J. Phys. Chem.*, **63**, 1497 (1959)
16) J. Compton and W.J. Hart, Soiling and Soil Retention in Textile Fibers-Suspending Power of Surfactants, *Ind. Eng. Chem.*, **45**, 597 (1953)
17) W.P. Utermoillen Jr., and Mary E. Ryan, Evaluation of Detergents for Textile Cleaning,

Ind. Eng. Chem., **41**, 2881 (1949)

18) W.G. Cutler and R.C. Davis, Surfactant Series, Volume 5., Detergency Theory and Test Method, Marcel Dekker Inc., p.173 (1972)

19) A.K. Phansalkar and Robert D. Vold, A Tracer Method for Determination of Deposition of Carbon on Cotton, *J. Phys. Chem.*, **59**, 855 (1955)

20) B.J. Rutkowski, An Electrophoretic Study of the Detergency Process, *J, Amer. Oil Chem. Soc.*, **45**, 266 (1968)

21) N.A. Lange, Handbook of Chemistry, McGraw Hill Book Company, p.971-972 (1967)

22) T. Imamura and F. Tokiwa, pH Effect on the deposition of Ferric Oxide Particles onto various Fabric, 日化., **4**, 648 (1973)