

## 織物에 沈着된 Calcium의 除去에 관한 연구

韓惠媛 · 姜蕙遠 · 金聲連\*

延世大學校 家政大學 衣生活學科

### A Study on the Removal of Deposited Calcium on the Cotton Fabric.

Hae Won Han, He Won Kahng, and Sung Reon Kim\*

Department of Clothing and Textiles, College of Home Economics, Yonsei University.

(1983.7.13 접수)

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of laundry variables and additives on the removal of deposited calcium on the cotton fabric.

Samples of calcium deposited fabric was made by treating fabric with  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  solution subsequently.

The experimental variables were:

- 1) NaOH concentration(0.0001%, 0.0005%, 0.001%, 0.005%, 0.01%)
- 2) Alkaline builders(sodium carbonate, sodium metasilicate)
- 3) Sequestering agents(STPP and EDTA concentration: 0.02%, 0.04%, 0.06%, 0.08%, 0.1%, 0.15%, 0.2%)
- 4) Temperatures( $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $40\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $60\pm 1^\circ\text{C}$ )
- 5) Edge-abrasion to the removal of deposited calcium on the cotton fabric.

The fabric was washed for 15 minutes in a washing machine(Model: Gold Star WP-3007) or Launder-0-meter(40~45 r.p.m., Toyo Rika Instrument Inc.) and rinsed 3 times per every rinsing time.

The amount of calcium deposits on the fabrics was determined by EDTA-back titration methods and edge-abrasion was evaluated by ASTM D 3886 method.

The results of this study were as follows:

- 1) pH of surfactant solution(NaOH concentration) did not influence on the removal of deposited calcium on the cotton fabric.
- 2) Added alkaline builders did not influence on the removal of deposited calcium on the cotton fabric.
- 3) It was shown that STPP and EDTA were effective to remove deposited calcium. The removal of deposited calcium on the cotton fabric was proportionally increased with increasing

\*서울大學校 家政大學

\*College of Home Economics, Seoul National University.

concentration of STPP and EDTA. At high concentration, however, the rate was rather decreased with increasing concentration.

4) The temperature of washing solution did not influence on the removal of dedosited calcium on the cotton fabric.

5) As the removal of deposited calcium on the cotton fabric was increased, the rate of edge-abrasion of the fabric was gradually increased.

### I. 緒 論

직물에의 calcium 沈着은 Ca<sup>++</sup>과 Mg<sup>++</sup>이 洗滌時 물속에서 陰으로 하전된 직물과 이온結合을 하거나<sup>1,2)</sup>, 洗劑와 結合하여 不溶性 금속鹽을 형성, 직물에 沈着되어 생기게된다<sup>3)</sup>.

직물에의 calcium 沈着은 洗滌效果를 감소시키고<sup>4,5)</sup> 직물의 촉감을 저칠게하며<sup>6,7)</sup>, 染色과 특수加工效果를 상실케하고<sup>7,8)</sup>, 強度및 伸度도 저하시켜 직물의 수명을 단축시킨다. 또한 이러한 不溶性 calcium 鹽이 세탁기에도 沈着하여 기계의 수명을 단축시킨다는 연구가 報告되었다<sup>9)</sup>.

그러므로 效果的인 洗滌과 섬유인 特性 및 加工效果의 保存을 위해서 직물에의 calcium 沈着을 방지하거나 減少시키는 것이 바람직하나, 反復 洗滌하는 과정에서 이미 生成된 calcium 沈着을 效果的으로 除去하는 洗滌 처치 역시 중요하다고 생각된다. Pacheco와 Carfagno<sup>9)</sup>는 洗滌이 직물의 防燃性에 미치는 영향에 관한 연구에서, 炭酸 calcium과 不溶性 비누 生成物이 沈着된 직물에서 그것을 除去할 수 있는 後處理가 적용될 수 있다는 것을 입증했다. 炭酸鹽 洗劑와 알카리 助劑, 비누에 의해 生成된 炭酸 calcium과 不溶性 비누 生成物은 그 직물을 water softening agent(硬水軟化劑)를 添加하여 洗滌함으로써 除去되었다. 그러나 직물에 沈着된 calcium의 除去에 관한 구체적인 연구가 거의 없는 실정이므로 calcium 沈着으로 인하여 喪失된 직물의 美的, 機能的인 特性을 되살리기 위해서도 직물에 沈着된 calcium의 除去에 관한 좀 더 구체적인 연구가 행해져야한다고 생각된다.

따라서 본 연구의 目的은 洗液의 pH, 助劑의 種類, 금속이온封鎖劑의 種類, Na-EDTA 添加時의 溫度變化가 反復 洗滌으로 인하여 직물에 沈着된 calcium의 除去에 미치는 영향을 알아보고, calcium 除去率에 따른 edge-abrasion의 變化를 檢討하는데 있다. 本研究에서 洗劑의 活性分으로는 陰이온계 界面活性劑인 sodium dodecylbenzene sulfonate(Na-DBS) 한 가지만을 使用하였다.

洗滌시험 기구로는 Launder-0-Meter와 家庭用 세탁기를 使用하였으며, 직물에 沈着된 calcium의 定量은 Wasserman<sup>10)</sup>이 제안한 EDTA-Back titration 法을 使用하였다.

### II. 實 驗

#### 1. 試驗布 및 試藥

##### 1) 試驗布

試驗布는 市販되고 있는 綿당목을 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10% (o.w.f) 液比 50 : 1로 100°C에서 3時間 精練한 後 세탁기에서 5분씩 3回 행구어 공기중에서 自然乾燥하여 使用하였으며, 原布中의 calcium 含有量은 EDTA-back titration 法으로 측정하였다. 試驗布로 使用한 綿당목의 特性은 Table 1과 같다.

Table 1 Characteristics of fabric

Material	Cotton(100%)
Weave construction	Plain
Yarn number Warp	33's
Weft	31's
Fabric count (ends and picks/5cm)	178/151
Thickness	0.347(mm)
Calcium contents	250ppm. (CaCO <sub>3</sub> )

##### 2) 試 藥

(1) Sodium dodecylbenzenesulfonate(Na-DBS), hard type: 試藥一級(日本 關東化學(株))

(2) Ethylenediaminetetraacetic acid disodium salt(EDTA-2Na): 試藥特級(日本 關東化學(株))

(3) Calcium chloride, dihydrate: 試藥一級(日本純正化學(株))

(4) Sodium carbonate, anhydrous: 試藥一級(日本和光純藥工業(株))

(5) Sodium metasilicate: 試藥一級(日本 和光純藥工業(株))

(6) Sodium tripolyphosphate(STPP): 試藥一級(日本 純正化學(株))

- (7) Sodium hydroxide: Merck.
- (8) 기타試藥: 試藥一級을 使用하였다.

2. 實驗方法

1) Calcium 沈着布의 준비

(1) 精鍊한 試驗布를 液比 20 : 1로 1.5M CaCl<sub>2</sub>溶液에 5분간 침지시켰다가, 遠心脫水裝置로 含水量 100% 까지 洗液을 除去하였다.

(2) 위의 試驗布를 다시 液比 20 : 1로 1.5M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液에 5分間 침지시켰다가, 遠心脫水裝置로 含水量 65%까지 洗液을 除去하였다.

(3) 공기중에서 自然乾燥시켰다.

위와 같이 處理된 試驗布의 calcium 沈着量을 定量하여 6,500~7,000 ppm(CaCO<sub>3</sub>)인 것을 잘 다려서 四方을 풀어 실제 크기가 5×10 cm 가 되도록 정돈하여 使用하였다. 단 edge-abrasion test를 위한 試驗布는 test에 必要한 크기로 別途로 준비하였다.

2) 洗滌方法

洗滌瓶에 洗液 100 ml를 넣고 豫熱한 後, calcium 沈着布 1枚를 steel ball 10개와 함께 넣고 Launder-0-Meter(40~45 r.p.m., Toyo Rika Instrument Inc. 製作)를 使用하여 규정溫度에서 15分間 洗滌한 다음 5分씩 3回 攪勻 後에 공기중에서 乾燥시켰다.

Edge-abrasion test를 위한 calcium 沈着布는 一般 家庭用 半自動 渦流式 洗濯機(Model: 金星 WP-3007)를 使用하였다. ① 세탁기에 一定量의 水と물(液比30 : 1)을 넣은 後 여기에 지정량의 洗劑와 添加劑를 넣어 2分間 稼動시켜 잘 溶解시킨 다음 液比를 맞추기 위하여 綿布(dummy load)에 부착시킨 calcium 沈着布(50×30 cm)를 넣어 洗滌하였다. ② 洗滌과 攪구기의 時間은 위의 方法과 같게 했으며 洗液은 매회 含水量(315%)까지 除去하였다. ③脫水는 遠心脫水裝置로 5分동안 脫水(含水量 65%)하여 공기중에서 自然乾燥시켰다.

3) 織물에 남아있는 calcium(Ca<sup>++</sup>)의 定量

(1) Wasserman<sup>10)</sup>이 제안한 EDTA-back titration 法을 약간 修正하여 아래와 같이 定量하였다. ① 洗滌후 乾燥된 試驗布는 105±2°C에서 1시간 乾燥하여 desiccator에서 放冷한 다음 5×5 mm 정도의 크기로 자른다. ② 試料 0.4~0.5 g을 精確하게(0.1 mg까지) 秤量하여 三角 flask(100 ml)에 넣고 여기에 EDTA 溶液(0.01 M)을 5~40 ml 添加한 다음 증류수 15~20 ml와 buffer solution(pH 10)을 0.5 ml 정도 加하여 15~20分間 끓인다. ③ 그後 glass filter(IG-2)

를 통하여 上洗液만을 여과하고 試料가 담긴 flask에 뜨거운 증류수 15~20 ml를 넣어 다시 5分間 끓인다. ④ 溶液과 試料를 定量的으로 glass filter에 부어 여과하고 少量의 뜨거운 증류수로 試料를 2~3回 水洗하여 여과한다. ⑤ 여과된 溶液에 Mg-EDTA를 함유한 buffer solution(pH 10)을 0.5 ml 정도 加하여 pH 10을 맞추고 지시약 Eriochrome-Black T를 소량 加하여 sky-blue가 되게 한다. ⑥ 滴定은 5 ml micro-buret을 使用하여 0.01 M CaCl<sub>2</sub>溶液으로 하였으며, 滴定의 終點은 色相이 sky blue에서 violet으로 變色되는 점으로 하였다.

(2) 織물에 存在하는 calcium의 量(ppm, CaCO<sub>3</sub>)은 다음 式에 따라 計算하였다.

$$CaCO_3(p.p.m.) = \frac{[(B-A) \times f] \times 1}{W} \times 10^2$$

A: 滴定에 소요된 CaCl<sub>2</sub>(0.01M)의 量(ml)

B: Blank test에 소요된 CaCl<sub>2</sub>(0.01M)의 量(ml)

f: 滴定에 使用된 CaCl<sub>2</sub>의 factor

W: 滴定에 使用된 織물의 무게(g)

實驗値는 同一 變因을 3回 實驗하여 그 平均값을 使用하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 洗液의 pH가 沈着된 Calcium의 除去에 미치는 영향

界面活性劑 溶液의 pH가 沈着된 calcium의 除去에

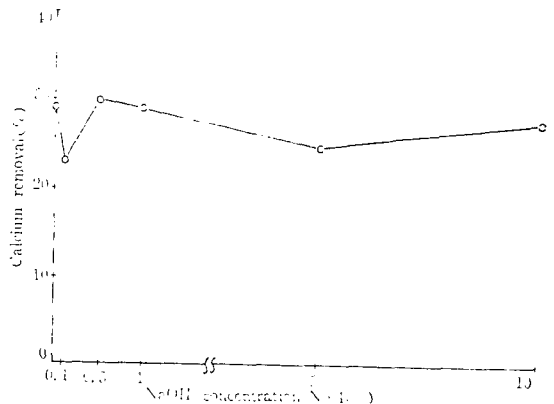


Fig. 1. Effect of NaOH concentration in surfactant solutions on the removal of deposited calcium (Na-DBS concentration: 0.075%) (Temp: 25±2°C)

미치는 영향을 관찰하기 위하여 濃度가 다른 NaOH 를 添加하여 각각의 calcium 除去率을 檢討하여 보았다.

Fig. 1 은 NaOH normal 濃度에 따른 calcium 除去率을 표시한 것이며, Na-DBS 濃度 0.075%, 溫度는 25±2°C 에서 實驗하였다. 이에 依하면 NaOH 濃度의 變化는 反復 洗滌으로 因하여 織물에 沈着된 calcium 의 除去에 별로 뚜렷한 影響을 미치지 못하였으며 대개 20~30%의 除去率 수준을 나타냈다. 이것은 洗液의 pH가 전반적인 洗滌 效果에 미치는 影響과 다른 結果를 나타낸 것이다. 선행 연구들<sup>11~13)</sup>에서는, 洗滌時 界面活性劑 水溶液에 알카리의 添加는 洗滌性을 增加시켜 特定한 pH에서 最大의 效果를 보이고, 그 以上에서는 오히려 減少한다고 알려져 있다. 그러므로 本 연구 結果에 依하면, 反復洗滌으로 因하여 織물에 沈着된 calcium 의 除去 수준은 洗液의 pH의 影響에 있어서는 전반적인 洗滌 效果와 무관하다고 생각할 수 있다.

2. 알카리 助劑의 添加가 沈着된 calcium 의 除去에 미치는 影響

洗滌時 助劑의 添加가 反復 洗滌으로 因하여 織물에 沈着된 calcium 의 除去에 미치는 影響을 檢討하기 위하여 助劑의 濃度를 變化시켜 각각의 calcium 除去率을 檢討하여 보았다.

助劑로는 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 와 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 使用했으며, 각각의 normal 濃度에 따른 calcium 除去率을 Na-DBS 濃度 0.075%, 溫度 25±2°C에서 實驗한 結果는 Fig. 2와 같다.

이에 따르면 助劑의 添加時 濃度 變化에 따른 calcium 除去率의 變化가 뚜렷하지 않았으며, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 와 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 각각의 濃度 增加에 따른 calcium 除去率이 30% 정도의 비슷한 수준으로 나타나, 助劑의 添加가 反復 洗滌으로 因하여, 織물에 沈着된 calcium 의 除去에 별로 큰 도움을 주지 못하는 것으로 나타났다. 이것은 洗滌時, 硬水에서 助劑의 使用이 助劑가 없을 때 보다 더 높은 calcium 沈着을 일으키며<sup>14, 15)</sup>, 특히 炭酸鹽과 硅酸鹽 助劑의 使用이 더 심각한 calcium 沈着을 일으켜 織물의 여러 特性에 해로운 影響을 미친다는 많은 연구 結果들을<sup>5, 7, 8, 16~19)</sup> 考察해 볼 때, 이미 沈着된 calcium 의 除去에도 도움을 주지 못하는 것으로 짐작된다. 그리고 實驗 結果에서 30% 정도의 除去率을 나타낸 것은 洗滌이 되어가는 과정에서 섬유 외부에 沈着되어 있던 calcium 이 機械的인 힘이나 界面活性劑의 影響으로도 除去되었을 것으로 생각된다.

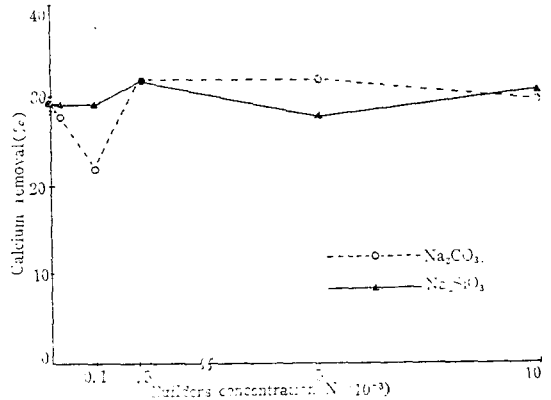


Fig. 2. Effect of builders in surfactant solutions on the removal of deposited calcium (Na-DBS concentration: 0.075%) (Temp: 25±2°C)

3. 금속이온 封鎖劑의 添加가 沈着된 calcium 의 除去에 미치는 影響

금속이온 封鎖劑의 添加가 反復 洗滌으로 因하여 織물에 沈着된 calcium 의 除去에 미치는 影響을 알아보기 위하여 sodium tripolyphosphate(STPP)와 sodium ethylenediaminetetraacetic acid(Na-EDTA)를 濃度 別로 취하여 實驗하였다. 이 때 Na-DBS 濃度 0.075%, 溫度는 25±2°C에서 洗滌하였으며 그 結果는 Fig. 3과 같다.

이에 따르면 금속이온 封鎖劑의 添加가 織물에 沈着된 calcium 의 除去를 增加시켰으며, 금속이온 封鎖劑의 濃度가 增加할수록 沈着된 calcium 의 除去率도 점차적으로 增加했다.

이와 같은 結果는 Pacheco 와 Carfagno<sup>20)</sup>, Martin 과 Miller<sup>20)</sup>, Rohde<sup>21)</sup>의 연구 結果와도 一致하는 것이다. Pacheco 와 Carfagno<sup>20)</sup>는 洗滌과정에서 生成된 炭酸 calcium 이 water softening agent(硬水軟化劑)를 添加하여 洗滌함으로써 除去될 수 있다고 하였다. Martin 과 Miller<sup>20)</sup>는 炭酸鹽 助劑의 洗劑와 비누로 洗滌時 不溶性 calcium 鹽이 沈着되어 防燃性이 喪失된 織물이, 高磷酸鹽 洗劑나 低磷酸鹽 洗劑로 洗滌할 경우 防燃性이 회복되고 calcium 沈着量이 減少되었다고 報告하였다.

또한 Rohde<sup>21)</sup>는 高磷酸鹽 洗滌로 여러번 洗滌했을 때 沈着된 calcium 이 除去되기는 하였으나, 완전히 除去되지는 않았다고 하였으며 그 原因에 대해서는 분명

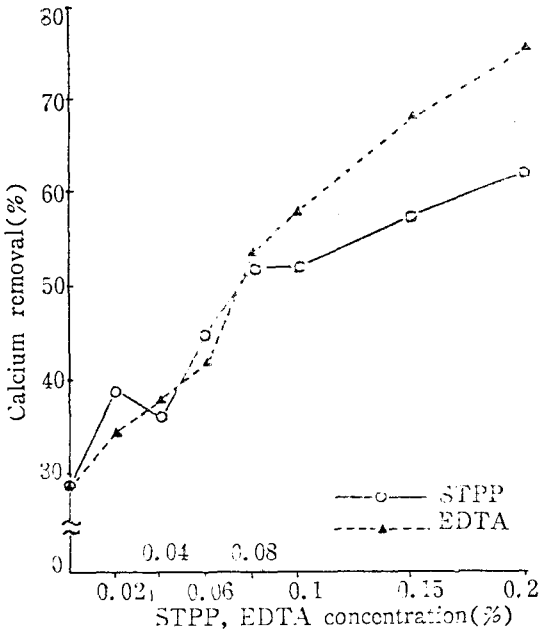


Fig. 3. Effect of STPP and EDTA concentration in surfactant solutions on the removal of deposited calcium (Na-DBS concentration: 0.075%) (Temp: 25±2°C)

하게 밝혀지지 않았다. 이 결과는 본 실험 결과에서 STPP의 농도가 0.1%부터 비교적 완만한 제거율을 보이고 있는 것과 비슷한 현상으로 생각되며, STPP의 농도가 커져도 calcium이 잘 제거되지 않는 것은 아마도 섬유 내부에沈着된 calcium이纖維層을 빠져 나오지 못하고 있기 때문이 아닌가 생각된다.

STPP와 Na-EDTA 각각의 농도 증가에 따른 calcium 제거율을 비교해보면, 농도 0.08%까지는 거의 비슷한 calcium 제거율을 보였으나 그 이후부터는 EDTA가 더 높은 제거율을 보이고 있다. 이것으로 높은 농도에서는 Na-EDTA가 STPP보다 직물에沈着된 calcium의 제거에 더 效果的이라고 생각할 수 있다.

4. EDTA添加時의 溫度變化가 沈着된 calcium의 除去에 미치는 영향

洗滌時 主要變因中の 하나인 溫度가 Na-EDTA添加時 反復 洗滌으로 因하여 직물에沈着된 calcium의 除去에 미치는 영향을 檢討하기 위하여, Na-DBS濃度 0.075%로 하여 Na-EDTA濃度別로 溫度 25±1°C, 40±1°C, 60±1°C에서 각각 實驗하였다.

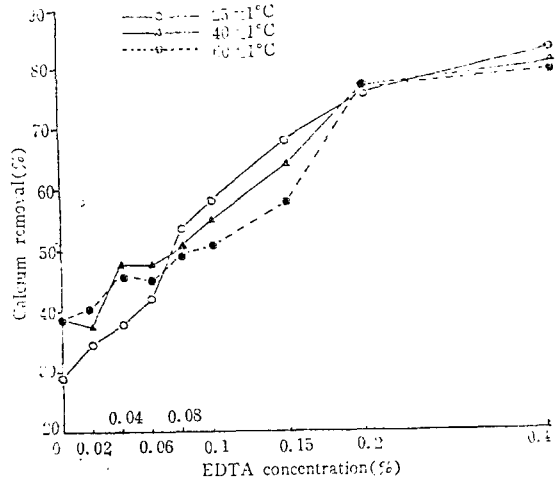


Fig. 4. Effect of temperature and EDTA concentration in surfactant solutions on the removal of deposited calcium. (Na-DBS concentration: 0.075%)

Fig. 4에 依하면, 각각의 溫度에서 Na-EDTA濃度 增加에 따라 calcium 除去率이 增加하기는 하였으나, 溫度 상승에 依해서는 沈着된 calcium의 除去率이 크게 影響받지 않았다. 이와 같은 現象은 一般의 洗滌에 있어서 溫度 상승이 汚染의 除去를 促進시켜 洗滌率을 向上시킨다는 報告와<sup>18,21)</sup>는 일치하지 않는 結果로서, 이것은 EDTA에 依한 calcium의 除去가 chelate 形成에 依한 化學的 變化에 따르는 것으로 物理的인 分離 分散의 洗滌과는 mechanism이 다르다는 것을 意味한다. 또 25°C에서도 chelate 形成이 15分間에 化學的 平衡에 到達되고 있음을 意味한다.

또한 Na-EDTA濃度 0.2% 以後부터는 溫度와 Na-EDTA의 濃度가 增加해도 沈着된 calcium의 除去率에 거의 變化가 없음이 나타났다. 이것은 앞에서 언급한 Rohde<sup>2)</sup>의 結果와도 一致하는 것으로, Rohde는 그 原因에 대해 明確히 밝혀지는 않았으나, 아마도 이온 交換에 의해 섬유 내부에沈着된 炭酸 calcium이 섬유 내부에서 빠져나오지 못하고 있어서, 어떤 처리를 加해도 除去率이 더 이상 높아지지 않는 것이라고 생각된다. 즉 反復 洗滌으로 因하여 직물에沈着된 calcium은 완전히 除去되지 않는다고 생각할 수 있다.

5. Calcium 除去率에 따른 edge-abrasion의 變化

직물에沈着된 calcium의 除去率에 따른 직물의 edge-abrasion의 變化를 알아보기 위하여, Na-DBS濃度 0.075%, 溫度 40±1°C에서, Na-EDTA를 濃度別

Table 2. Edge-abrasion to the removal of depositid calcium on the cotton fabric

edge-abrasion (cycle)	Warp	Weft
calcium 침착포	40	44
45	31	42
49	30	43
51	31	40
53	31	34
62	28	38
65	26	37
69	27	32
78	26	33
80	26	31
87	26	32
Original	24	37

로 添加하여 洗滌하여서 얻은, calcium 除去率에 따른 試驗布의 edge-abrasion 을 ASTM D 3886法으로 측정하였다.

Table 2에 따르면, calcium 이 가장 많이 沈着된 calcium 沈着布가 經糸와 緯糸 모두에서 edge-abrasion 이 가장 적었다. 또한 一般의으로 calcium 除去率이 增加할수록 edge-abrasion 이 그에 비례하여 더 심해졌으며, 經糸의 경우에는 原布가 가장 심한 edge-abrasion 을 보이고 있다. 이것은 durable press 加工한 cotton 으로 edge-abrasion 의 변화를 연구한 Morris와 Prato<sup>17)</sup>의 報告와 일치하지 않는 結果로서, Morris와 Prato는 calcium 沈着이 많을수록 edge-abrasion 이 심해졌으며, durable press cotton 에서의 calcium 沈着이 마모손상의 量을 결정하는데 중요한 요인이 된다고 하였다.

그러나 Morris와 Prato의 연구 結果를 Varghese와 Pasad<sup>22)</sup>, Rowland와 Mason<sup>23)</sup> 등의 연구와 연관시켜 보면, 織物에의 calcium 沈着이 durable press 加工 比率를 增加시킨 것과 같은 效果를 나타내서, calcium 沈着이 增加할수록 edge-abrasion 이 심해진 것이라 생각할 수 있다.

그 반면 本 實驗에서는 아무런 처리도 되지 않은 cotton 을 使用하여서 calcium 沈着이 많을수록 edge-abrasion 이 적어지는 것이라고 생각된다. 이것은 織物에의 一般의인 加工이 마모강도를 增加시킨다는 여러 연구 結果<sup>23, 24)</sup>들을 考察해 볼 때, 織物에의 calcium 沈着이 처리되지 않은 cotton 織物 表面에 coating 을

한 것과 같은 效果를 나타냄으로써 calcium 沈着이 많을수록 그 織物이 마모손상을 덜 입는 것이라고 생각할 수 있다.

#### IV. 結 論

本 研究의 結果는 다음과 같다.

1) 洗液의 pH는 織物에 沈着된 calcium 의 除去에 거의 영향을 미치지 않았다.

2) 알카리 助劑의 添加 및 濃度 變化는 織物에 沈着된 calcium 의 除去에 영향을 미치지 않았다.

3) 금속이온 封鎖劑의 濃도가 增加할수록 calcium 除去率도 增加하였으나, 濃도가 높아질수록 除去率이 아주 완만하게 增加하였다.

4) 沈着된 calcium 의 除去率이 溫度 上昇에 의해 크게 영향받지 않았다. 또한 Na-EDTA 濃度 0.2% 以後부터는 溫度와 EDTA 濃도가 增加해도 沈着된 calcium 의 除去率에 거의 變化가 없었다.

5) Calcium 除去率이 增加할수록 edge-abrasion 이 심해졌으며, 이는 calcium 沈着이 처리되지 않은 cotton 織物 表面에 加工을 한 것과 같은 coating 效果를 나타내서 calcium 沈着量이 많을수록 edge-abrasion 이 적어진 것으로 생각된다.

以上の 實驗 結果로 미루어 보아 금속이온 封鎖劑의 添加가 織物에 沈着된 calcium 의 除去에 效果가 있으나, 沈着된 calcium 은 完全히 除去가 될 수 없다고 생각되며, calcium 除去率이 增加할수록 edge-abrasion 이 심해진다는 것을 보여주고 있다.

#### 參 考 文 獻

- 1) LeBlanc, R.B. and LeBlanc, D.A., "Effects of Calcium Deposits on Fire Retardant Cotton," *Amer. Dye. Rep.*, **63**, 50, (1974)
- 2) Rapko, J.N. and Kim, K.Y., "Distribution of Linear Alkylbenzene sulfonate between Fabric and Liquor in Simulated Detergent Liquors," *Textile Res. J.*, **47**, 410-417, (1977)
- 3) Lambert, J.M., "Cationic Adsorption and Exchange as shown by Radiocalcium Tracer Studies", *Ind. Eng. Chem.*, **42**, 1394-1397, (1950).
- 4) Schwatz, A.M., *Surface Active Agents and Detergents. Part II.*, New York: Interscience Publishers, Inc., 510-512, (1958).

- 5) Defosse, T.C. and Carfagno, P.P., "The Effect of Laundering Practices on the Flame Retardance of Fabrics," *Textile Chemists and Colorists*, 6, 25-29, (1974)
- 6) LeBlanc, R.B. and LeBlanc, D.A., "Flammability of Sleepwear Fabrics Laundered with Various Detergents," *Amer. Dye. Rep.*, 62, 28-30, (1973)
- 7) Rohde, R.O., "How Nonphosphate Detergents Affect Dyed Fabrics," *Textile Chemists and Colorists*, 6, 33-35, (1974)
- 8) Kowalski, X., "Sequestering Agents in Bleaching and Scouring," *Textile Chemists and Colorists*, 10, 32-36, (1978)
- 9) Pacheco, J.F. and Carfagno, P.P., "How Laundering Practices Influence the Flame Retardancy of Fabrics," *Textile Chemists and Colorist*, 4, 255-259, (1972)
- 10) Wasserman, T. and Basch, A., "Determination of (Ca+Mg) in Flameproofed Cotton Fabrics by EDTA Back-Titration," *Textile Res. J.*, 43, 83-85, (1973).
- 11) Vandegrieff, A.E. and Rutkowski, B.J., "The Correlation of Washability with the Rate of Surfactant Adsorption," *J. Amer Oil Chem. Soc.*, 44, 107, (1967)
- 12) 정혜원, "유리 지방산의 세척 특성에 관한 연구," 서울대학교 대학원 석사학위논문, (1976)
- 13) 김은옥, "지용성 오염종의 유리 지방산이 세척에 미치는 영향," 서울대학교 대학원 석사학위논문, (1979)
- 14) 박문혜, "세척시 조제의 종류가 직물에의 Calcium 침착에 미치는 영향" 연세대학교 대학원 석사학위논문, (1981)
- 15) Brysson, R.J., Piccolo, B. and Walker, A.M., "Calcium-Phosphorus Deposition During Home Laundering," *Textile Res. J.*, 41, 86-87, (1971)
- 16) Eisenberg, B.J. and Weil, E.D., "A New Durable Flame Retardant for Cellulosics," *Textile Chemists and Colorists*, 6, 35-37, (1974)
- 17) Morris, M.A. and Prato, H.H., "Edge Abrasion of Durable-Press Cotton Fabric During Laundering with Phosphate-and Carbonate-built detergents," *Textile Res. J.*, 45, 395-401, (1975)
- 18) Jansen, K.A., "Effect of Detergent Type on Wear-life of an Apparel Item Varying by Fiber Content," Unpublished doctoral dissertation, The University of Wisconsin, (1975)
- 19) Saadia, S.M., "Comparison of Phosphate and Carbonate Built Detergents for Laundering Polyester/Cotton," *Textile Chemists and Colorists*, 14, 37-39, (1982)
- 20) Martin, J.R. and Miller, B., "Effect of Calcium Salts on the Flammability Behavior of Fabrics," *Textile Chemists and Colorists*, 9, 20-24, (1977)
- 21) 이혜선, "섬유의 특성과 지용성 오염의 조성이 고품오염의 세척성에 미치는 영향," 서울대학교 대학원 석사학위논문, (1980)
- 22) Varghese, J. and Pasad, D.M., "Influence of Prefinishing Preparatory Processes on Strength-Abrasion Retention of Durable-Press Cotton Fabrics," *Textile Res. J.*, 47, 802-811, (1977)
- 23) Rowland, S.P. and Mason, J.S., "Development of Resilience and Retention of Strength and Abrasion Resistance in Durable-Press-Treated Cotton Fabrics," *Textile Res. J.*, 47, 721-728, (1977)
- 24) Dweltz, N.E. and Sparrow, J.T., "A SEM study of Abrasion Damage to Cotton Fibers," *Textile Res. J.*, 48, 633-636, (1978)