

## 비이온계 계면활성제 수용액에서 면 오염포의 습윤특성과 세척성

김 천 희<sup>†</sup>

한남대학교 의류학과

### Detergency and Water Wetting/Retention Properties of Soiled Cotton Cloths in Nonionic Surfactant Solutions

Chunhee Kim<sup>†</sup>

Dept. of Clothing & Textiles, Hannam University  
(2006. 9. 7. 접수)

#### Abstract

The effects of nonionic surfactants on detergency and water wetting/retention properties of soiled cotton cloths were reported. Two different soiled cloths were used: soiled cotton cloth 1 was made in the lab. with carbon black, tripalmitin, n-dodecane & palmitic acid on Korea Apparel Testing & Research Institute (KATRI) cotton testcloth and soiled cotton cloth 2(EMPA 101) was purchased from Testfabrics, Inc., USA. The following nonionic surfactants; i.e., Span 20, Tween 20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, & 85, were used in the study. The water retention ratio(W/H) values of soiled cotton cloths were decreased, whereas the water contact angle values of soiled cloth were not changed markedly compared with those of unsoiled testcloths. The wetting and water retention of soiled cotton cloth 1 was improved with addition of nonionic surfactants. The surfactants which have more hydrophilic characteristics or unsaturated hydrophobe tails were effective in improving wetting and water retention properties of soiled cotton cloth 1. The water contact angle values of soiled cotton cloths were extremely low with Span 20, presumably due to the high adsorption density of the surfactant. The detergency of soiled cloths were low in Span 20 and high in Tween 20, 40, 60 & 80 0.1g/dl surfactant solutions. Nonionic surfactants having higher ethylene oxide contents resulted in better detergency. In the range studied, the wetting and water retention of soiled cotton cloths did not show any particular relation to the detergency, whereas the surfactant characteristics, especially HLB values, influenced the detergency of soiled cotton cloths.

**Key words:** Nonionic surfactants, Detergency, Wetting, Water retention, Soiled cotton cloth; 비이온계 계면활성제, 세척성, 표면적십, 수분보유량, 면 오염포

#### I. 서 론

세척이란 오염된 섬유에서 오구를 제거하는 과정

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: chunhee@hannam.ac.kr

이 논문은 2006년도 한남대학교 학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음.

으로 물, 세제, 물리적인 힘 등에 의해 이루어진다. 의복에 부착된 오구를 제거하기 위해서는 우선 세액이 용이하게 침투되어야하며, 오구는 룰링업과 액정형 성작용, zeta-potential에 의한 반발력 등에 의해 기질로부터 제거되고, 분리된 오구는 계면활성제 수용액 중에 안정하게 분산되어 쟤오염이 방지되고 이로 인해 세척효과가 증진된다. 그러나 세척과정은 여러 요인이 복

합적으로 작용하므로 각 요인들을 따로 분석하는데 어려움이 있다(김성련, 1992). Berg(1993)는 표면적심(wetting)은 액체와 고체가 직접 접촉하고 있을 때 이들 사이의 분자간 상호작용의 거시적 표현으로, 고체/액체 접촉각 형성, 고체 표면에 액체의 퍼짐(spreading), 다공성 고체 기질 내로의 액체의 침투(wicking)를 포함한다고 설명하였다. 따라서 표면적심(wetting)은 세척과 밀접한 관련성이 있으리라 쉽게 예측할 수 있다.

우리는 세척시험에서 인공오염포를 사용하는데, 이는 원포에 극성, 비극성 지용성 요구와 고형요구 등이 가하여진 것으로 원포와는 다른 습윤특성을 보이라 예측할 수 있다. 원포의 습윤특성 및 원포의 물리화학적 가공 처리 후의 습윤특성에 관한 연구가 국내외에서 진행되고 있지만 오염포의 습윤특성에 대한 연구는 전혀 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 오염포의 습윤특성을 고찰하여 의복이 오염되었을 때 습윤특성이 어떻게 변하는지 이해하고 계면활성제의 특성이 오염포의 습윤특성과 세척성에 미치는 영향을 실증적으로 고찰하고자 한다.

섬유제품의 습윤특성에 대한 연구는 여러 선행연구자들에 의해 진행되어 왔으며, 이는 크게 두 가지 연구 방법으로 구분할 수 있다. 첫번째는 섬유제품의 습윤특성을 향상시키기 위해 섬유제품의 물리화학적 특성을 다양한 방법으로 변화시키거나(Hsieh et al., 1989, 1996; Hsieh & Cram, 1998, 1999) 물성이 서로 다른 시료를 사용하는 방법(나미희, 김은애, 1990; 이동화, 김은애, 2001)과 두번째, 시료는 변화시키지 않고 다양한 종류의 계면활성제를 첨가하여 액체의 특성을 변화시켜서 시료의 습윤특성을 향상시키는 방법(김천희, 2001, 2003; Kim & Hsieh, 2001; Kim, 2005)이 그것이다.

저자는 이전 연구에서 면직물과 PET직물의 습윤특성을 계면활성제 수용액의 특성과 관련하여 고찰한 결과 이들의 습윤특성은 비이온계 계면활성제 첨가시 현저히 향상되며 그 효과는 계면활성제의 종류에 따라 다르다고 보고하였다. 즉, 정련된 면직물은 순수한 물에 대한 접촉각이 낮으므로 계면활성제 첨가에 의한 영향이 크게 나타나지 않으나 소수성 비정련(발호) 면직물의 경우 물에 대한 접촉각은 계면활성제의 첨가에 의해 매우 큰 폭으로 낮아져서 정련 면직물의 접촉각과 유사해지는 것을 볼 수 있다. 또한 계면활성제 수용액에서의 수분 보유량은 CMC 전후에 큰 차이를 보여준다(Kim & Hsieh, 2001). 계면활성제의 친유성이 커지면 소수성 면직물의 습윤특성이 저하되며, 계면활성제 친유기의 불포화도가 증

가하면 계면활성제의 친수성이 증가하는 것과 같은 효과를 가져와 소수성 면직물의 습윤특성이 향상되고, 계면활성제의 농도가 CMC 이상의 조건에서 10배 증가하면 접촉각은 약간 감소하나 수분보유량은 현저히 증가한다(김천희, 2001). PET직물의 표면적심은 Tween 20을 첨가할 경우 정련 면직물과 유사한 값으로 현저히 향상되며, 이에 Span 20을 혼합할 경우 조금 더 향상된다. 표면적심은 표면장력의 합수이며 밋셀의 유무에는 영향을 받지 않으나, 수분보유량은 밋셀의 유무에 큰 영향을 받는다(김천희, 2003). 계면활성제가 첨가되지 않은 경우에는 실 간격이 넓은 PET의 수분보유량이 크나 계면활성제가 첨가될 경우는 밋셀 효과가 더 크므로 직물의 밀도에 따른 수분보유량의 차이는 거의 없었다. PET의 습윤특성 향상에는 친수성 계면활성제와 친유기가 불포화구조인 비이온계 계면활성제가 효과적이었다. 계면활성제가 없을 경우 열고정 가공이 되어 있는 PET의 수분보유량은 가공이 되지 않은 PET와 비슷했으나, rewetting agent 처리가 되어 있는 PET의 수분보유량은 가공되지 않은 PET보다 크다. 다른 PET직물과 달리 rewetting agent 처리가 되어 있는 PET의 습윤특성은 소수성 계면활성제 첨가시 향상되었는데, 이는 rewetting agent 첨가에 의해 직물이 매우 젖기 쉬운 상태로 되고 계면활성제 특성에는 영향을 받지 않기 때문이라 생각된다(Kim, 2005).

이와 같이 오염 안 된 원포의 습윤특성에 대해서는 많은 연구가 이루어지고 있으나 오염된 섬유제품의 습윤특성에 대해서는 아직 체계적 연구가 국내외에 거의 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 원포와 오염포의 비이온계 계면활성제 수용액 조건에서의 습윤특성(wetting, wicking, absorbency)을 비교하고 이 결과를 세척성(detergency)과 관련하여 고찰하고자 한다.

## II. 실험

### 1. 시약 및 시험포

Span 20, Tween 20, 40, 60, 80, 21, 61, 81, 65, 85 (Sigma: biochemicals and reagents for life science research)등 10종의 비이온계 계면활성제를 사용하였으며, 계면활성제의 구조와 특성은 전보에 보고되었다(김천희, 2000, 2001).

카본 블랙(carbon black)(HIBLACK 5L, 평균 입자

Table 1. Physical and water wetting &amp; retention properties of cotton fabrics

Characteristics	KATRI cotton testcloth (as received)	EMPA 211 cotton testcloth (as received)
Fabric count, warp×filling (yarns/5cm)	209.3×155.5	232.3×232.3
Fabric weight (g/m <sup>2</sup> )	110.4	89.1
Fabric thickness (mm)	0.254	0.153
Water contact angle, θ(°)	54.5(2.03)	53.9(2.57)
Cos θ	0.581	0.589
Liquid retention capacity, H (μl/mg)	1.87(0.01)	1.23(0.02)
Water retention, W (μl/mg)	1.90(0.02)	1.32(0.05)
Water/Hexadecane ratio, W/H	1.01(0.01)	1.07(0.04)

\*( ) represent standard deviations

크기=35 nm, pH=8.9)은 코리아카본블랙(주)에서 샘플을 제공받아 사용하였고, certified grade tripalmitin, n-dodecane, palmitic acid (Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

Certified grade hexadecane(Fisher Scientific, γ=26.6 dyne/cm)을 사용하였고, 물은 Millipore Mill-Q water system에 의한 순수를 사용하였으며, 표면장력은 72.4 dyne/cm, pH=6.4였다.

시험용 원포는 한국의류시험연구원(KATRI) 백면포(세탁용, KS K0905)와 EMPA 211(cotton/percale unsoiled; Testfabrics, Inc. USA에서 구입)을 사용하였으며, 물리적 특성과 습윤특성은 <Table 1>과 같다. 오염포는 한국의류시험연구원(KATRI) 백면포에 아래의 방법으로 제작한 인공 오염포(오염포1)와 EMPA 101(오염포2; cotton with EMPA standard soiling; 카본블랙/올리브유(olive oil); Testfabrics, Inc. USA에서 구입) 2가지를 사용하였다. 오염포1은 표면반사율이 28±2% 범위의 것을 사용하였고, 오염포2(EMPA 101)의 평균 표면반사율은 16.7%였다.

## 2. 오염포 제작

한국의류시험연구원 백면포는 이미 정련이 되어 있으므로 그대로 사용하였다. 오구성분 중 카본 블랙을 제외한 지용성 성분(tripalmitin 3.0g, n-dodecane 3.0g, palmitic acid 3.0g)을 mortar에서 중탕 용해한 후 카본블랙 1.0g을 가하여 혼합한다. 1,1,1-trichloroethane 800g에 분산하고 10X10cm<sup>2</sup> 백면포를 1장씩 담가 핀셋으로 뒤집으면서 적당 시간 동안 균일하게 오염한다. 후드 안에서 건조한 후 데시케이터에 넣어 상온에서 1주일 숙성 후, 냉장고에 보관하며 1주-3개월 내에 사용한다.

## 3. 습윤특성 측정

섬유제품의 습윤특성 측정은 이전 방법을 따른다. (김천희, 2001; Kim & Hsieh, 2001). 모든 시료는 72시간 항온항습기에서 표준상태로 컨디셔닝 후 사용한다. 폭이 6.35mm이고 길이가 25.4mm인 직물조각(경사방향)을 microbalance에 수직으로 매달고, 액체를 일정 속도로 상승시켜 직물조각의 아래 끝을 액체와 접촉하도록 하여 저울의 눈금이 변하지 않을 때의 값(B<sub>1</sub>)을 읽고, 직물을 액체로부터 분리시킨 후의 값(B<sub>2</sub>)을 읽는다. 이때 B<sub>2</sub>는 직물에 남아있는 액체의 무게(W)이다. 모든 직물조각은 물과 0.1g/dl 계면활성제 수용액을 이용하여 측정한다.

$$F_w = (\Delta B_1 - \Delta B_2)g = (B_1 - W)g \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{F_w}{p\gamma} \quad (2)$$

이때, F<sub>w</sub>=fabric wetting force, g=중력가속도, p=fabric-liquid perimeter, γ=liquid surface tension이다.

물과 계면활성제 수용액을 이용한 측정이 끝난 후, 각 샘플은 다시 항온항습기에서 표준상태로 72시간동안 건조 표준화되었다. 표준화된 샘플은 p(fabric-liquid perimeter)를 구하기 위하여 total wetting liquid(hexadecane 사용)와 접촉되었으며, 이때 θ=0° 즉 cos θ=1로 가정한다.

$$p = \frac{F_w}{\gamma_{hexa}} \quad (3)$$

수직상태에서의 액체보유량(liquid retention capacity)은 다음 식에 의해서 구하며, 이때 W는 무게, ρ는 액체의 밀도를 나타낸다.

$$H = \frac{W_{hexa}}{\rho_{water} W_{fabric}} \quad (4)$$

$$W = \frac{W_{\text{surf}}}{\rho_{\text{water}} W_{\text{fabric}}} \quad (5)$$

$H$ (hexadecane,  $\mu\text{l}/\text{mg}$ )는 직물의 액체보유능력으로 기공부피를 나타내고  $W$ (water,  $\mu\text{l}/\text{mg}$ )는 실제 보유된 물의 부피를 나타내며,  $W/H$ 는 이 두 값의 비를 나타낸다.

#### 4. 세척시험

오염포를  $5 \times 10\text{cm}^2$  크기로 잘라서 표면반사율을 측정한다. Terg-O-Tometer를 사용하여  $0.1\text{g}/\text{dl}$  계면활성제 수용액  $1000\text{ml}$ 에 오염포 4매씩 넣고 계면활성제 수용액의 온도가  $40^\circ\text{C}$ 가 되면  $40\text{cpm}$ 으로 20분간 세탁한다. 같은 조건에서 중류수  $1000\text{ml}$ 로 3분간 2회 헹군 후 자연 건조한다. 건조한 각 세척포의 표면반사율을 측정한다. 원포, 오염포, 세척포의 표면반사율로부터 다음의 Kubelka-Munk식에 의해 세척률을 계산한다.

#### Kubelka-Munk 식

$$K/S = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (6)$$

$$D_{k/s}(\%) = \frac{(K/S)_s - (K/S)_w}{(K/S)_s - (K/S)_o} \times 100 \quad (7)$$

R: 표면반사율

$(K/S)_o$  : 원포의 K/S 값

$(K/S)_s$  : 오염포의 K/S 값

$(K/S)_w$  : 세척포의 K/S 값

## III. 결과 및 고찰

### 1. 오염포의 습윤특성

두 종류 오염포의 습윤특성이 <Table 2>에 나타나 있다. 오염포1의 경우 접촉각은  $51.1^\circ$ 이고  $W/H$ 는 0.77로 원포(접촉각  $54.5^\circ$ ,  $W/H$  1.01)와 비교했을 때 접촉각은 약간 감소하였으나 큰 변화는 없고,  $W/H$ 는 감소하였다. 오염포2(EMPA 101)의 경우도 유사한 경향을 보여주는데, 접촉각은  $53.9^\circ$ 에서  $57.6^\circ$ 으로 약간 증가하였으나 큰 변화는 없고,  $W/H$ 는 1.07에서 0.95로 약간 감소하였다. 이는 시료가 오염되었을 경우 표면이 젖기 어려운 상태로 되어 접촉각이 커질 것이란 예상과는 다른 결과를 보여주었다. 그러나 이는 오염포의 오구 조성 및 농도 등에 영향을 받으리라 예측할 수 있다.

오염포1의 경우, 비이온계 계면활성제가 첨가될 때 접촉각은 현저히 감소하고  $W/H$ 는 증가하였다. 이는 이전 연구(김천희, 2001; Kim & Hsieh, 2001)에서도 지속적으로 보이는 결과로, 계면활성제 첨가에 의해 시료는 표면이 젖기 쉬운 상태로 됨과 동시에 수분보유량도 증가함을 알 수 있다. Tween 20, 40, 60의 경우를 보면, 계면활성제의 친수성이 증가할수록(Tween 60  $\rightarrow$  40  $\rightarrow$  20) 접촉각은 감소하고, 수분보유량( $W$ )과  $W/H$ 는 증가하였다. Tween 60과 80을 비교하면 계면활성제 친유기의 불포화도가 증가할수록 친유성이 감소하여 접촉각은 감소하고  $W$ 와  $W/H$ 는 증가하였다. Tween 21, 61, 81의 경우와 Tween 65, 85의 경우도 동일한 경향을 보여준다. 이는 또한 면직물 원포

Table 2. Wetting and retention properties of soiled cotton cloths with  $0.1\text{g}/\text{dl}$  surfactant solutions

	soiled cotton cloth 1					soiled cotton cloth 2(EMPA 101)				
	$\theta^\circ$	$W(\mu\text{l}/\text{mg})$	$H(\mu\text{l}/\text{mg})$	$W/H$	$Wad$	$\theta^\circ$	$W(\mu\text{l}/\text{mg})$	$H(\mu\text{l}/\text{mg})$	$W/H$	$Wad$
Water	51.1 (3.73)	1.39 (0.04)	1.81 (0.09)	0.77 (0.03)	118.19	57.6 (1.60)	1.21 (0.02)	1.28 (0.03)	0.95 (0.01)	111.50
Span 20	16.0 (3.06)	1.62 (0.05)	1.80 (0.04)	0.90 (0.01)	52.37	17.3 (2.69)	1.09 (0.02)	1.16 (0.06)	0.94 (0.04)	52.19
Tween 20	23.2 (0.94)	1.72 (0.04)	1.85 (0.04)	0.93 (0.01)	72.93	31.7 (0.98)	1.09 (0.02)	1.16 (0.11)	0.96 (0.08)	70.35
Tween 40	30.8 (2.33)	1.67 (0.04)	1.79 (0.06)	0.93 (0.01)	68.23	28.2 (2.31)	1.08 (0.02)	1.22 (0.02)	0.89 (0.01)	68.95
Tween 60	32.7 (2.63)	1.64 (0.04)	1.81 (0.04)	0.90 (0.01)	76.24	27.7 (1.21)	1.04 (0.02)	1.10 (0.10)	0.94 (0.10)	78.06
Tween 80	31.9 (3.26)	1.71 (0.04)	1.83 (0.08)	0.93 (0.02)	66.38	32.9 (2.35)	1.08 (0.02)	1.11 (0.07)	0.96 (0.07)	66.06
Tween 21	23.2 (2.11)	1.65 (0.04)	1.81 (0.05)	0.91 (0.02)	67.94	25.0 (2.64)	1.10 (0.02)	1.14 (0.09)	0.97 (0.07)	67.48
Tween 61	36.8 (4.13)	1.62 (0.03)	1.76 (0.02)	0.92 (0.02)	66.81	44.1 (2.23)	1.06 (0.05)	1.13 (0.08)	0.94 (0.07)	63.74
Tween 81	31.6 (2.04)	1.65 (0.05)	1.80 (0.01)	0.92 (0.02)	61.11	31.7 (2.94)	1.11 (0.02)	1.18 (0.07)	0.93 (0.05)	61.07
Tween 65	32.2 (2.99)	1.55 (0.03)	1.81 (0.03)	0.85 (0.02)	69.79	33.4 (2.56)	0.95 (0.02)	1.04 (0.10)	0.93 (0.09)	69.34
Tween 85	27.8 (1.61)	1.62 (0.06)	1.80 (0.06)	0.90 (0.02)	75.57	36.9 (3.41)	1.11 (0.03)	1.16 (0.10)	0.96 (0.07)	72.17

\*( ) represent standard deviations

를 이용한 이전 연구(김천희, 2001)와 일치하는 결과를 보여준다. 반면 Span 20의 경우 특징적으로 낮은 접촉각을 나타내는데, 이는 Span 20이 친유기는 오염포쪽으로 배열하고 친수기는 물 쪽으로 배열하는데, 평균분자량과 분자면적(김천희, 2000)이 다른 계면활성제에 비해 매우 작아서 흡착밀도가 높기 때문이라 생각된다. 그러나 친수기는 다른 계면활성제에 비해 작기 때문에, 높은 밀도에도 불구하고 W와 W/H가 특징적으로 큰 수치를 보이지는 않는다.

오염포2(EMPA 101)의 경우, 모든 비이온계 계면활성제에 있어서 계면활성제가 첨가되면 첨가되기 전에 비해 접촉각이 감소하는 것은 오염포1의 경우와 동일하다. 그러나 오염포1과는 달리 별다른 경향성은 보이지 않고 있다. Span 20이 첨가될 경우 오염포1에서와 같이 매우 낮은 접촉각을 나타낸다. 오염포2의 W와 W/H는 계면활성제가 첨가되어도 큰 변화는 나타나지 않는데, 이는 계면활성제가 없을 때에도 W/H가 이미 0.95로 매우 높아 계면활성제 효과가 나타나지 않은 것으로 추측된다. 이는 W/H가 0.99로 매우 높은 정련 면직물의 습윤특성은 계면활성제 첨가에 의해 큰 영향을 받지 않는다고 보고한 이전 연구(Kim & Hsieh, 2001)와 일치하는 결과이다.

<Fig. 1>은  $\text{Cos } \theta$ 와 수분보유량과의 관계를 보여준다. 오염포1의 경우  $\text{Cos}$ 가 증가하면 수분보유량도 증가하는데 이는 이전 연구에서 반복적으로 보인 결과로 접촉각이 감소하여 표면적심이 용이해지면 수분보유량은 증가함을 알 수 있다. 그러나 오염포2(EMPA 101)의 경우는 이러한 상관관계가 보이지 않는데, 이는 오구의 조성이 따른 차이라 보인다. 따라서 오염포의 습윤특성을 연구할 때 오구 조성이 매우 중요함을 알 수 있다. 오염포2(EMPA 101)는 카본 블랙과 올리브

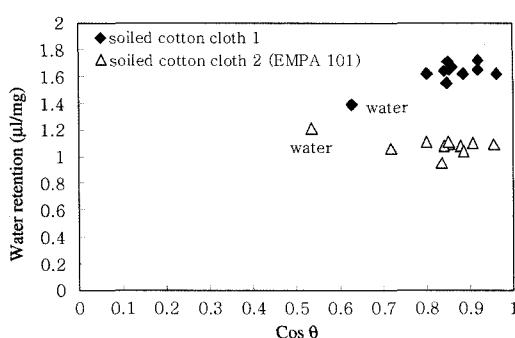


Fig. 1.  $\text{Cos } \theta$  vs. water retention values for soiled cotton cloths in 0.1g/dl nonionic surfactant systems.

유로 오염되었는데 올리브유는 triolein이 주성분으로 monounsaturated oil이다(Kiritsakis). 반면 오염포2의 오구 성분은 포화 지방산의 에스테르형인 비극성 지용성 오염에 극성 오염인 palmitic acid가 상당량 포함되어 있다.

## 2. 오염포의 세척성

0.1g/dl 비이온계 계면활성제 수용액에서 두 종류 오염포의 세척성은 <Table 3>과 같다. 오염포1과 오염포2(EMPA 101) 두 경우 모두에서 Span 20의 세척성이 가장 낮게 나타났고, Tween 20, 40, 60, 80에서 전반적으로 높게 나타났다. 그러나 탄소 체인 길이에 따른 세척성의 차이는 나타나지 않았는데, 이는 탄소 체인이  $C_{12}-C_{18}$ 인 지방산 유도 비이온계 계면활성제에서 체인 길이는 세척성에 큰 영향을 미치지 않는다는 Satkowski et al.(1966)의 연구 결과와 일치한다. <Table 2>에서 Span 20 첨가시 접촉각이 매우 낮게 나타나서 표면적심이 매우 용이했던 것과 관련지어 생각하면 세척성과 표면적심성과의 관계를 쉽게 규정할 수는 없는 것 같다. Tween 20과 21, Tween 60과 61, Tween 80과 81의 세척성을 비교하면 Tween 20, 60, 80의 세척성이 Tween 21, 61, 81의 세척성 보다 각각 높게 나타났다. Satkowski et al.(1966)은 A.C.H. No. 114 표준 면 오염포와 ethyleneoxide(EO) 첨가지방산 유도 비이온계 계면활성제를 이용한 세척실험에서 계면활성제의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만, 일반적으로 EO 수가 커질수록 세척성이 향상되는데 EO가 13-15몰 첨가되었을 때 최고의 세척성을 보이고 EO 수가 이보다 더 증가하여도 세척성은

Table 3. Soil Removal from soiled cotton cloths by 0.1g/dl surfactant solutions

	soiled cotton cloth 1	soiled cotton cloth 2 (EMPA 101)
Span 20	49.7 (1.4)	47.5 (1.4)
Tween 20	77.8 (1.8)	57.3 (1.3)
Tween 40	68.4 (2.0)	54.4 (1.7)
Tween 60	70.5 (1.7)	56.1 (0.4)
Tween 80	68.7 (1.8)	56.6 (0.6)
Tween 21	54.8 (0.9)	48.9 (0.6)
Tween 61	57.8 (2.8)	53.4 (1.0)
Tween 81	58.3 (0.5)	49.1 (1.3)
Tween 65	66.6 (0.8)	48.6 (0.7)
Tween 85	62.0 (1.2)	49.1 (0.8)

\*() represent standard deviations

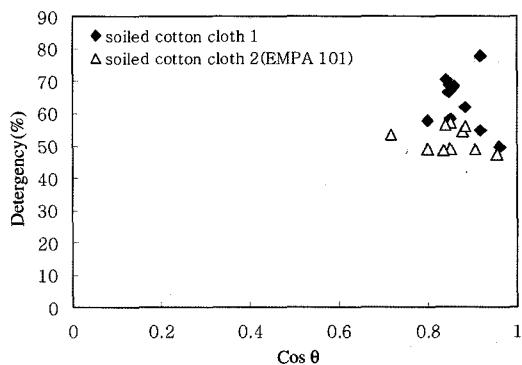


Fig. 2. **Cosθ vs. detergency values for soiled cotton cloths in 0.1g/dl nonionic surfactant systems.**

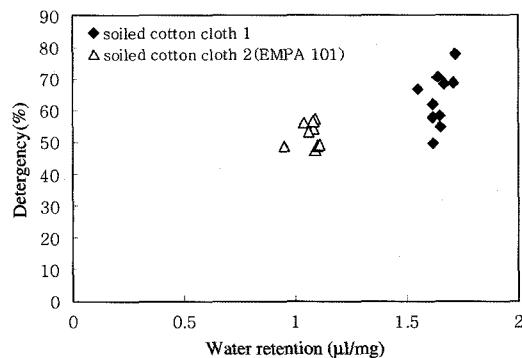


Fig. 3. **Water retention vs. detergency values for soiled cotton cloths in 0.1g/dl nonionic surfactant systems.**

그대로 유지된다고 보고하였다. 오염포와 계면활성제 구조가 다르기는 하지만 EO가 20를 첨가된 Tween 20, 60, 80의 세척성이 EO가 4를 첨가된 Tween 21, 61, 81의 세척성보다 우수하게 나타난 본 연구 결과는 Satkowski et al.(1966)의 연구결과와 일치한다.

<Fig. 2>와 <Fig. 3>은 오염포의 습윤특성과 세척성과의 관계를 보여준다. 표면적 심성( $\text{Cos } \theta$ )과 수분보유량(W) 모두 세척성과의 특별한 관련성을 보이지 않는다. 이는 아마도 오염포의 습윤특성이 예상보다 접촉각이 낮고 수분보유량이 높아 계면활성제 효과가 크게 나타나지 않는데 기인한다고 생각할 수 있으나, 이에 대해서는 다른 오염포를 사용한 보다 광범위한 후속 연구가 이루어져야 하겠다.

<Fig. 4>는 비이온계 계면활성제의 HLB와 세척성과의 관계를 보여준다. 두 오염포 모두 계면활성제의 HLB가 커져서 친수성이 증가하면 세척성은 전반적으로 증가함을 보여준다. 따라서 오염포의 세척성은

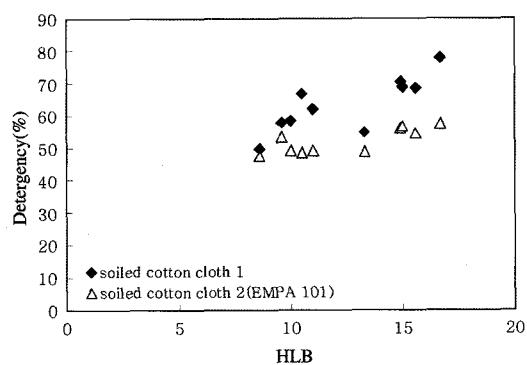


Fig. 4. **HLB vs. detergency values for soiled cotton cloths in 0.1g/dl nonionic surfactant systems.**

비이온계 계면활성제의 친수성-친유성에 영향을 받음을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

카본 블랙, tripalmitin, n-dodecane, palmitic acid로 제작한 오염포1과 오염포2(EMPA 101) 2종의 인공 오염포를 사용하여 10종의 비이온계 계면활성제 수용액에서의 습윤특성과 세척성을 실험적으로 고찰하였다.

오염포의 습윤특성을 원포와 비교하면 접촉각은 큰 변화가 없고 전 기공부피에 대한 수분보유량(W/H)은 감소하였다. 오염포1의 경우, 계면활성제가 침가될 때 접촉각은 현저히 감소하고 W/H는 증가하였다. 계면활성제 종류별로 고찰하면, 계면활성제의 친유성이 증가할수록 접촉각은 증가하고 W/H는 감소하였다. 반면 계면활성제 친유기의 불포화도가 증가할수록 접촉각은 감소하고 W/H는 증가하였다. Span 20의 경우 특징적으로 낮은 접촉각을 나타냈다. 오염포2의 습윤특성은 계면활성제 종류에 따른 경향성은 보이지 않았다.

비이온계 계면활성제 수용액에서의 오염포의 세척성을 보면, 두 오염포의 경우 모두 Span 20이 가장 낮게 나타났고 Tween 20, 40, 60, 80에서 전반적으로 높게 나타났다. Ethyleneoxide(EO)가 20를 첨가된 계면활성제인 Tween 20, 60, 80이 EO가 4를 첨가된 계면활성제인 Tween 21, 61, 81 보다 세척성이 우수하였다. 오염포의 습윤특성과 세척성의 관련성을 살펴보면  $\text{Cos } \theta$ 와 수분보유량(W)은 세척성과 특별한 관련성을 보이지 않으나, 이에 대해서는 후속연구가 필요하다고 생각된다. 계면활성제 HLB가 커져서 친수성이 증가하면 오염포의 세척성은 전반적으로 증가하

였다. 따라서 오염포의 세척성은 오염포의 습윤특성보다는 비이온계 계면활성제의 특성, 그 중에서도 특히 친수성-친유성의 영향을 받음을 알 수 있다.

## 참고문헌

- 김성련. (1992). *세제와 세탁의 과학*. 서울: 교문사.
- 김천희. (2000). Span 20과 Tween계 계면활성제의 물/공기 계면에서의 분자면 적과 계면장력 거동. *한국의류학회지*, 24(7), 1067-1072.
- 김천희. (2001). 비이온계 계면활성제 수용액이 면직물의 습윤 특성에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 25(8), 1444-1452.
- 김천희. (2003). 비이온계 계면활성제 수용액이 PET직물의 습윤특성에 미치는 영향(제1보)-Span 20과 Tween 20의 혼합계와 회석계-. *한국의류학회지*, 27(9/10), 1153-1159.
- 나미희, 김은애. (1990). 섬유의 종류와 조합에 따른 직물의 수분전달 특성에 관한 연구. *한국의류학회지*, 14(3), 229-240.
- 이동화, 김은애. (2001). 면과 폴리에스테르 직물의 기공의 크기 및 분포와 액상의 수분전달. *한국의류학회지*, 25(2), 379-388.
- Berg, J. C. (1993). Role of Acid-Base Interactions in Wetting and Related Phenomena. In J. C. Berg (Ed.), *Wettability: Surfactant science series vol. 49* (pp. 75-148). New York: Marcel Dekker, Inc.
- Hsieh, Y.-L., Timm, D. A., & Wu, M. (1989). Solvent- and glow- discharge-induced surface wetting and morphological changes of Poly(ethylene Terephthalate) (PET). *Journal of Applied Polymer Science*, 38, 1719-1737.
- Hsieh, Y.-L., Miller, A., & Thompson, J. (1996). Wetting, pore structure, and liquid retention of hydrolyzed polyester fabrics. *Textile Research Journal*, 66(1), 1-10.
- Hsieh, Y.-L., Thompson, J., & Miller, A. (1996). Water wetting and retention of cotton assemblies as affected by alkaline and bleaching treatments. *Textile Res. J.*, 66(7), 456-464.
- Hsieh, Y.-L. & Cram, L. A. (1998). Enzymatic hydrolysis to improve wetting and absorbency of polyester fabrics. *Textile Research Journal*, 68(5), 311-319.
- Hsieh, Y.-L. & Cram, L. A. (1999). Proteases as scouring agents for cotton. *Textile Res. J.*, 69(8), 590-597.
- Kim, C. & Hsieh, Y.-L. (2001). Wetting and absorbency of nonionic surfactant solutions on cotton fabrics. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and engineering aspects*, 187-188, 385-397.
- Kim, C. (2005). Effect of nonionic surfactant solutions on wetting and absorbency of Polyethylene Terephthalate(PET) fabrics (part II)-surfactants characteristics and fabric properties-. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 29(12), 1546-1553.
- Kiritsakis, A. K. Composition of olive oil and its nutritional and health effect. *olivebusiness*. Retrieved August 22, 2006, from <http://www.olivebusiness.com>
- Satkowski, W. B., Huang, S. K., & Liss, R. L. (1966). Polyoxyethylene esters of fatty acids. In M. J. Schick (Ed.), *Nonionic surfactants: Surfactant science series vol. 1* (pp. 142-174). New York: Marcel Dekker, Inc.