

계면활성제 용액내에서 고형오구의
직물에의 부착에 영향을 주는 전해질 효과

- α -Fe₂O₃ 입자의 PET 섬유직물에의 부착 -

강 인 숙 · 김 병 주

창원대학교 자연과학대학 의류학과

**Effect of Electrolyte on the Adhesion
of Particulate Soil to Fabric in the Surfactant Solution**

- Adhesion of α -Fe₂O₃ Particles to PET Fabric -

Kang In Sook · Kim Byung Joo

Dept. of Clothing & Textiles Chang-won National University

(2001. 5. 22 접수)

Abstract

The dispersion stability of particles and the adsorption of surfactant were examined as a fundamental environment to adhesion of particulate soil to fabric.

The adsorption of surfactant on the PET fabrics decreased with the addition of electrolytes and decreased with increasing the ionic strength. The adsorption of surfactant on α -Fe₂O₃ particles increased with the addition of electrolytes and the ionic strengths showed similar tendency to PET fabric. And the dispersion force of α -Fe₂O₃ particles decreased with the addition of electrolyte.

The adhesion of particulate soil to fabric, increased with decreasing the adsorption of surfactant the correlation between the two was high at low ionic strength. The correlation between the adsorption of surfactants on α -Fe₂O₃ particles and the adhesion of particles to fabric was smaller as shown in the correlation between the adsorption of surfactants on fiber substrate and the adhesion of particles on fabric. However, the correlation between the adhesion of particles to fabric and the stability of particle dispersion was relatively more significant.

Key words: surfactant, electrolyte, adsorption of surfactant, dispersion stability, adhesion of particulate soil ; 계면활성제, 전해질, 계면활성제 흡착, 분산안정성, 고형오구의 부착

* 본 연구는 1999년 한국학술진흥재단 선도연구자 지원사업에 의해 이루어 졌으며, 이에 감사드립니다.

I. 서론

일반적으로 의복에 부착되어 있다가 제거되어 세액에 분산된 고행오구는 미세 불균일계 콜로이드 분산액이다. 이들은 표면자유에너지가 커서 열역학적으로 불안정하므로 입자가 서로 집합하려는 경향을 가지고 있다¹⁾. 입자가 응집된 경우는 침강이 촉진되어 세척과정에서 고행오구의 재침착 즉, 재오염을 초래하게 되어 세척효율은 저하된다²⁾.

세척과정에서 재오염은 입자분산의 안정성에 많은 영향을 받는다. 분산계의 안정성은 친액성 물질인 계면활성제가 존재하면 van der Waals의 힘과 전기이중층의 반발작용이외에 흡착에너지와 엔트로피 효과 및 다리논기와 같은 부수적 인자에 의해 영향을 받아 복잡한 양상을 띄게 된다³⁾. 특히 전해질이 첨가되면 이러한 현상은 더욱 복잡해지는데 이는 계면활성제와 전해질간의 상호작용의 요소가 더 개입되기 때문이다. 세액에 전해질을 첨가하면 입자와 기질표면의 전기이중층의 확산부의 넓이를 변화시켜 입자분산의 안정성에 영향을 미친다⁴⁾. 또한 계면활성제와 기질 및 입자 계면의 흡착량에도 영향을 미치게 되어 입자와 입자, 입자와 기질간의 상호작용이 변화를 받게 된다. 용액내의 전해질의 존재가 입자 응집을 촉진시키는 면에서 입자분산의 안정성에 부정적인 작용을 하지만 반면 전해질의 존재는 입자표면 쪽으로 계면활성제의 흡착을 증진시키므로 입자와 용매 사이의 증대된 친화성과 엔트로피적 메카니즘으로 안정화를 촉진시키는 긍정적인 측면도 가지고 있다.

콜로이드의 응집과 무기염과의 관계에서 입자와 입자간의 상호작용에 영향을 주는 전해질 효과는 여러 분야에서 관심의 대상이 되어 오래 전부터 폭넓게 연구되었지만 세척현상에서 입자분산의 안정성, 그리고 오염의 부착현상에 대한 전해질 효과에 관한 연구는 상당히 미흡한 셈이다.

따라서 본 연구에서는 계면활성제의 흡착에 따른 입자의 분산안정성과 고행오구의 기질에의 재부착에 관계하는 입체적 안정화 측면에서 계면활성제와 전해질간의 상호작용에 주안점을 두어 계면활성제

용액에 있어 입자분산의 안정성과 고행오구의 재부착에 영향을 주는 전해질의 효과를 검토하였다.

II. 실험

1. 시료 및 시약

1) 시료

한국의류시험검사소에서 제작한 섬유류 제품의 염색견뢰도 시험용 폴리에스테르 침부 백포(오염포 KS K 0905)를 아염소산나트륨 0.2%, 포름산 0.2%, 질산 0.1%용액에 액비 30:1로 60°C에서 60분간 처리하고 암모니아수로 중화한 후 증류수로 충분히 씻어 자연 건조하고, 벤젠:에탄올(2:1)의 공비 혼합물로 8시간 속슬레 추출기로 추출한 후 자연 건조시켜 사용했으며, 그 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fabric

Material	PET 100%
Yarn number	75D × 75D
Weave	Plain
Fabric count(ends×picks/5cm)	210 × 191
Thickness(mm)	0.107

2) 시약

Sodium dodecylbenzenesulfonate (DBS:純正化學:화학용)을 사용하였고 그외 시약은 1급 이상을 사용하였다.

물은 증류수를 이온교환수지로 탈 이온화하여 사용하였다.

2. 실험방법

1) α-Fe₂O₃ 입자의 제조⁵⁾

$5 \times 10^{-3} \text{ mol/l HCl}$ 을 함유한 $3.15 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ 의 FeCl₃용액(pH 3)을 밀폐하여 100°C 항온수조에서 14일간 숙성시켜, 원심분리 한 후 수세과정을 반복하여 과잉의 Fe³⁺와 Cl⁻를 제거하였고, 원심분리한 침전물을 80°C에서 12시간 건조한 후, 다시 300°C에서 1시간 열처리하였다.

2) X-선 회절분석

target을 Cu, $\lambda=1.5406 \text{ \AA}$ 의 monochromator, X-

ray diffractometer(MPD X'PERT PW3040, Philips CO.)를 사용하여 2θ 는 $20\sim 90^\circ$ 까지 scanning 하였다.

3) SEM에 의한 형태 관찰

주사형 전자현미경(JSM-5800 Joel.)을 사용하여 Au로 ionspatter, 180sec로 관찰하였다.

4) 계면활성제 흡착

(1) 섬유

규정조건의 계면활성제용액 100ml속에 PET직물을 넣고 40°C 항온수조에서 40rpm으로 20분간 섬유에 계면활성제를 흡착시켜 여분의 물기만 제거하여 건조하였다. 건조 후 97% 에탄올로 8시간 동안 속슬레 추출한 뒤 Abbott 방법⁷⁾에 따라 계면활성제를 정량하여 UV-VIS spectrophotometer(HP 8452)로 650nm에서 흡광도를 측정하였고 결과는 시료무게에 대한 계면활성제의 무게로 표시하였다.

(2) 고행 오구

규정조건의 계면활성제 용액에 1g의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 를 넣어 40°C , 20분, 40rpm의 조건으로 항온수조에서 교반하여 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자에 계면활성제를 흡착시켰다. 다음 글래스 필터로 여과하여 105°C 에서 건조시킨 후 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 를 원통여과지에 넣고 입자가 흡착한 계면활성제를 97% 에탄올로 8시간 속슬레 추출하였다. 이 용액을 섬유기질에 대한 실험방법과 동일하게 처리하였다.

5) 분산력

0.05% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 함유한 20ml의 계면활성제 용액을 30ml 시험관에 넣고 5분간 초음파를 켜어 일정하게 분산시킨 액(A)를 1시간 정치한 다음 액의 중간높이에서 5ml의 분산액(B)을 취한다. 분산된 입자량은 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 정량법에 따라 정량하여 다음식으로 분산력을 구하였다.

$$\text{분산력} = \frac{\text{B용액의 } \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \text{ 량}}{\text{A용액의 } \alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3 \text{ 량}} \times 100(\%)$$

6) 섬유에의 고행오구의 부착

250ml 용액에 0.05% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 을 분산시키고 40°C

항온 진탕기에서 10분간 예열한 후 칭량된 $5 \times 5\text{cm}$ PET직물 1매를 넣고 120rpm으로 20분간 진탕시켜 직물에 입자를 부착시켰다. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 부착량은 직물 1g에 부착된 양으로 하였다.

7) $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 정량⁸⁾

6N HCl 용액으로 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자를 용해 추출하여 규정의 hydroxylamine hydrochloride로 환원, o-phenanthroline으로 발색시켜 UV-VIS spectrophotometer로 510nm에서 흡광도를 측정하여 미리 작성한 검량선에 의해 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 량을 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 1에서 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 전형적인 X선 회절곡선을 보여 주었고 Fig. 2에 의하면 제조된 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 형태는 거의 구형에 가깝고 입자크기는 $0.5\mu\text{m}$ 정도로 균일하였다.

1. 계면활성제의 흡착에 영향을 주는 전해질 효과

1) 섬유에의 흡착

전해질 이온강도를 1×10^{-3} 으로 일정하게 하여 전해질 종류를 변화시켜 PET직물에 계면활성제 DBS

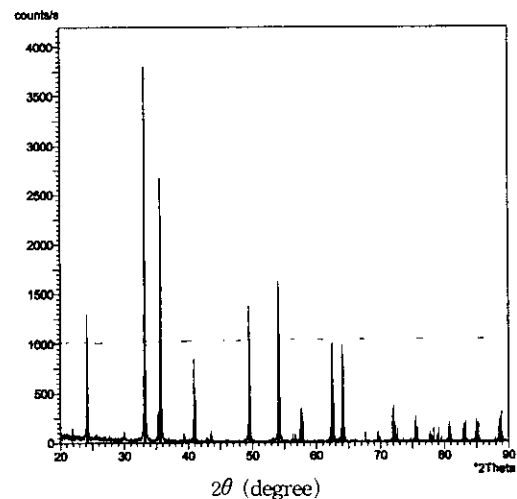


Fig. 1. X-ray diffraction diagram of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric.

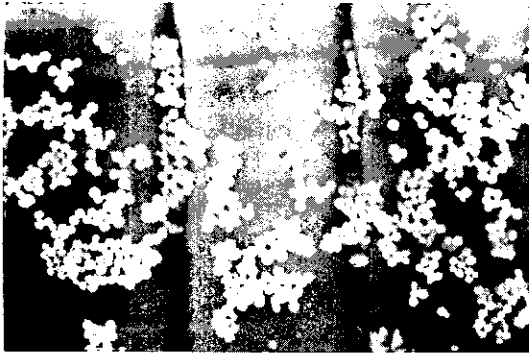


Fig. 2. Scanning electron micrograph of α -Fe₂O₃ particles adhered to the PET fabric.

를 흡착시킨 결과는 Fig. 3과 같다. 이에 의하면 전해질의 종류에 관계없이 계면활성제 용액에 전해질이 첨가되면 직물에서의 계면활성제 흡착량은 감소한다. 이는 일정한 유효 흡착면적을 가지고 있는 PET 직물에 계면활성제와 전해질이 서로 상호 경쟁적으로 흡착되려는 경향 때문이라고 생각한다. 그리고 첨가된 전해질 종류에 따른 효과는 중성염 보다는 염기성인 전해질의 계면활성제 흡착량이 많았는데 Na₂CO₃는 예외였다. 본 연구 결과에서는 전해질이 첨가되면 오히려 섬유기질에의 계면활성제 흡착량은 감소하고 있다. 일반적으로 계면활성제 농도가 낮아 계면활성제의 포화흡착이 어려운 경우 첨가된

전해질은 계면활성제의 기질에의 흡착에 도움을 준다는 보고⁹⁾와 다른 결과이다. 이는 본 실험에서의 계면활성제 농도는 0.3%로 DBS의 cmc 0.04%¹⁰⁾ 보다 훨씬 높은 농도이기 때문에 이 농도에선 전해질의 도움없이 기질에 계면활성제의 포화흡착이 용이하게 일어날 수 있었기 때문으로 생각된다.

계면활성제와 전해질이 PET 직물에서의 일정한 유효흡착 면적을 놓고 서로 경쟁을 하고 있다는 사실을 검증하기 위하여 계면활성제의 농도와 전해질의 이온강도에 변화를 주어 섬유기질에의 계면활성제 흡착량을 살펴본 결과는 Fig. 4와 같다.

이에 의하면 일반적으로 이온강도에 관계없이 계면활성제의 농도가 증가할수록 PET 직물에 흡착되는 계면활성제의 흡착량은 증가한다. 이온강도가 낮은 경우 계면활성제의 농도에 따른 계면활성제의 흡착량은 많은 차이를 보이고 있으나 이온강도가 높은 경우 계면활성제의 농도에 따른 계면활성제의 흡착량 차이는 크지 않다.

이처럼 계면활성제의 흡착량에 영향을 주는 계면활성제의 농도효과는 이온강도에 따라 많은 차이가 있다. 이온강도가 높은 경우 계면활성제의 농도에 따라 계면활성제의 흡착량 변화는 거의 없고 계면활성제 농도가 높은 경우 전해질 농도가 증가하면 계면활성제의 흡착량이 서서히 감소하는 사실로써

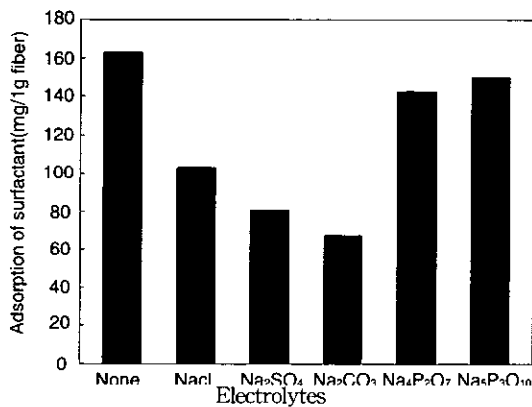


Fig. 3. Effect of electrolytes on the adsorption of surfactant to the PET fabric.

Surfactant conc. : 0.3%
Ionic strength : 1×10^{-3}

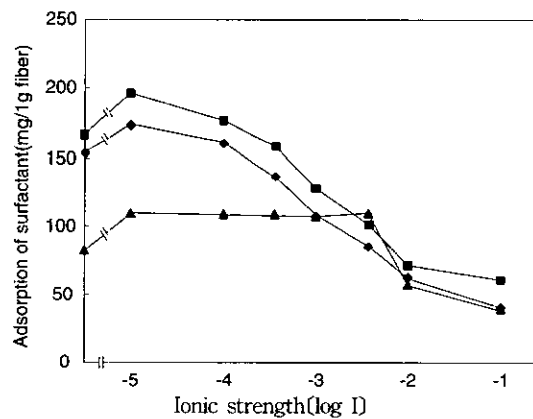


Fig. 4. Effect of ionic strength on the adsorption of surfactant to the PET fabric.

Surfactant conc. : ▲0.01% , ◆0.3% , ■1%
Electrolyte : NaCl

섬유기질의 일정한 유효 흡착면적에 대해 계면활성제와 전해질이 상호 경쟁적으로 작용하고 있음을 확인할 수 있다.

2) 고품오구에의 흡착

전해질 종류에 따른 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자에의 계면활성제 흡착량을 알아본 결과는 Fig. 5 와 같다. 이에 의하면 Na_2CO_3 를 제외하면 전해질이 첨가되면 입자에 흡착되는 계면활성제량은 많아진다. 이는 전해질이 첨가되면 섬유기질에 흡착되는 계면활성제의 양이 줄어드는 결과와는 다른 현상이다. 염기성 전해질의 경우 다가 음이온을 내고 있는 전해질일수록 계면활성제의 흡착량은 많다.

위의 결과로 전해질의 pH와 계면활성제의 흡착량과는 상관성이 낮은 것 같고, 첨가하는 전해질 이온의 특성, 하전수, 계면활성제의 농도 등이 섬유기질이나 입자표면의 계면활성제 흡착에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

이온강도에 따른 흡착량을 고찰한 Fig. 6에 의하면 이온강도에 관계없이 계면활성제의 농도가 증가할수록 입자표면에 흡착되는 계면활성제량은 증가한다. 그러나 계면활성제 농도가 높은 경우, 이온강도 1×10^{-4} 이상에선 이온강도가 증가하면 계면활성제의 흡착량은 급격히 감소하고 있다.

섬유기질과 입자의 계면활성제 흡착거동에서 가장 큰 차이점은 계면활성제의 농도에 따른 계면활성제의 흡착량의 변화는 섬유기질에서 보다 입자에서 크게 나타났고, 또한 계면활성제 농도와 이온강도간의 상호관련성에도 고품입자는 섬유기질과 많은 차이를 나타내고 있다. 계면활성제 농도를 달리 하여 이온강도 변화에 따른 섬유기질과 입자의 계면활성제 흡착량을 비교하였을때 섬유기질의 경우 DBS의 cmc 이하인 0.01%를 제외하면 이온강도에 따른 계면활성제 흡착량의 차이는 아주 크게 나타난 반면, 입자의 경우는 계면활성제 농도가 아주 높은 경우에서만 그러한 경향을 보여주고 있다. 이는 계면활성제 농도가 낮은 경우 계면활성제와 전해질간에는 흡착면적에 대한 경쟁성이 낮지만 계면활성제 농도가 높은 경우 계면활성제와 전해질간에 유효 흡착표면을 놓고 상호 경쟁적인 관계에 있기 때문에 이온강도가 증가하면 계면활성제 흡착량의 저하현상이 두드러진 것이라 생각된다.

PET직물과 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 계면활성제 농도에 따른 계면활성제 흡착량의 결과에서 섬유기질인 경우 계면활성제 농도가 0.3%인 경우 1%농도와 유사하지만 입자에선 계면활성제 농도가 0.3%인 경우 0.01%농도와 유사한 결과를 보여 주고 있다. 이로써 섬유기질에서 보다 입자표면에선 계면활성제 농도

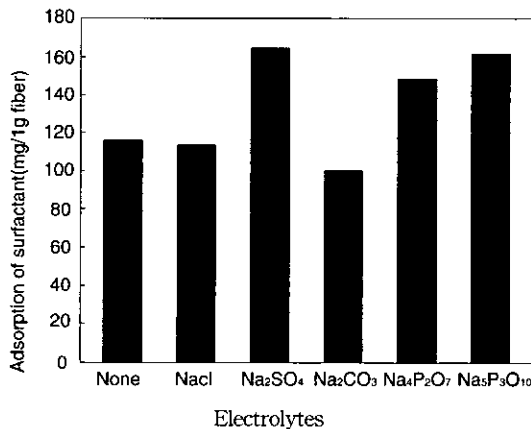


Fig. 5. Effect of electrolytes on the adsorption of surfactant to the $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles.

Surfactant conc. : 0.3%
 Ionic strength : 1×10^{-3}

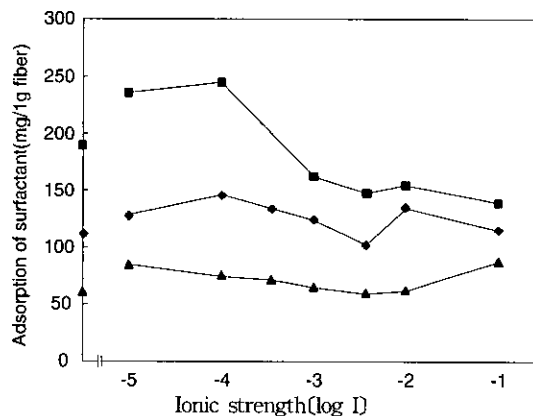


Fig. 6. Effect of ionic strength on the adsorption of surfactant to the $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles.

Surfactant conc. : ▲0.01% , ◆0.3%, ■1%
 Electrolyte : NaCl

가 아주 고농도인 경우에만 전해질과 계면활성제간에 상호 경쟁적인 입장을 취하고 있는 것으로 보인다.

2. 고품오구의 분산안정성에 영향을 주는 전해질 효과

Fig. 7은 계면활성제 농도를 0.3%, 이온강도를 1×10^{-3} 으로 하여 전해질 종류에 따른 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 분산력을 검토한 결과이다. 이에 의하면 전해질이 첨가되면 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 분산력은 저하되며, 저하되는 정도는 중성염의 경우 크고, 염기성인 경우 적었다. 알카리 전해질 중에서 다가음이온을 내고있는 이온 하전수가 높은 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ 인 경우 pH가 높은 Na_2CO_3 에 비해 분산력이 보다 우수 한데 이는 분산력이 pH에 직접적 영향을 받기보다는 첨가되는 전해질의 이온 하전수에 더욱 영향을 받는 것으로 생각된다. 전해질이 첨가되면 입자의 분산안정성이 저하되는 것은 입자와 입자간에는 입자둘레의 전기이중층 확산부의 중첩으로 반발 작용에 에너지가 형성되는데, 전해질이 첨가되면 이중층이 축소되어 반발력이 감소되어 입자는 쉽게 인력이 우세한 작용권내로 들어가게 되고, 두 입자가 용이

하게 응집되기 때문이다. 이는 비이온 계면활성제를 사용한 강의 연구¹¹⁾와 일치하고 있다.

Fig. 8은 DBS농도와 이온강도에 따른 분산력을 나타낸 것이다. 이에 의하면 전해질의 이온강도가 낮은 경우 DBS농도가 낮을수록 높은 분산력을 보이고 있으나 이온강도가 증가할수록 계면활성제의 농도에 따른 차이는 줄어들었다. 이러한 결과는 비이온계 계면활성제를 사용한 강의 보고¹¹⁾와는 다른 결과이다. 이온강도가 1×10^{-2} 이하인 경우 계면활성제 농도에 관계없이 이온강도에 따른 분산력 차이는 거의 없었으나 이온강도가 그 이상인 경우 이온강도가 증가하면 분산력은 감소하였다. 이온강도가 아주 높은 경우 분산력이 떨어지는 것은 전기이중층을 크게 압축하여 반발에너지의 작용범위를 축소하여 입자응집이 보다 용이하기 때문이다. 또한 이온강도가 낮을 때는 계면활성제 농도가 높은 경우 오히려 분산력이 떨어지는데, 이는 과잉의 계면활성제가 전해질 역할을 하게 되면서 고농도 전해질 용액에서 나타나는 입자응집 현상이 가속화되고, 입자 표면의 전해질에 의한 다리놓기 현상이 두드러지기 때문이라 생각된다.

Fig. 9는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 농도와 이온강도에 따

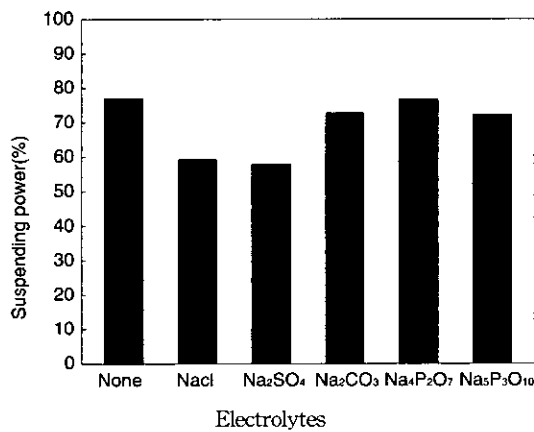


Fig. 7. Effect of electrolytes on the suspending power of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles.
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle con. : 0.05%
 Surfactant conc. : 0.3%
 Ionic strength : 1×10^{-3}

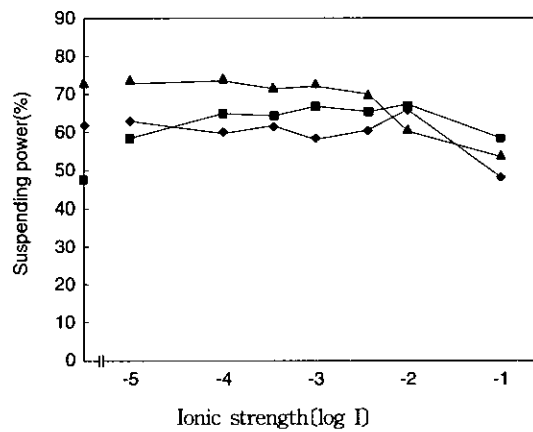


Fig. 8. Effect of ionic strength and surfactant concentration on the suspending power of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles.
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle con. : 0.05%
 surfactant conc. : \blacktriangle 0.01%, \blacklozenge 0.3%, \blacksquare 1%
 Electrolyte : NaCl

른 분산력을 고찰한 결과이다. 이에 의하면 분산된 입자의 농도에 따라 이온강도 효과에는 차이가 있다. 이온강도가 1×10^{-2} 이하일때, 분산된 입자 농도가 희박한 경우는 이온강도가 증가하면 분산력은 증가하나 분산된 입자 농도가 0.05%, 0.1%로서 비교적 분산 입자농도가 높은 경우 이온강도가 증가하더라도 분산력은 거의 일정하였다. 이는 입자의 분산농도가 희박한 경우 입자가 서로 충돌할 가능성이 워낙 낮기 때문에 분산입자 표면에 전해질이 흡착되더라도 다리놓기 작용에 의한 응집이 불가능하고 오히려 이온강도가 높아지면 대이온의 흡착농도가 증가하면서 전기적 안정화가 가능하기 때문에 이온강도가 증가하면 분산력이 증가되는 것으로 생각된다. 반면 입자농도가 농후하면 입자와 입자간의 거리가 좁혀져서 그에 따라 전해질의 다리놓기 작용이 없더라도 충분히 입자응집이 가능하기 때문에 입자의 분산력이 낮고, 이온강도에 따른 분산력 차이가 크지 않은 것으로 생각된다. 그리고 분산 입자농도가 0.05%와 0.1%를 비교했을 때 입자의 분산농도가 보다 높을수록 분산력은 떨어졌는데 이는 입자농도가 농후할수록 입자와 입자간의 충돌가능성이 커지고 그에 따라 입자의 응집이 가속화되기 때

문이다.

한편 이온강도가 아주 높은 1×10^{-1} 의 경우 분산된 입자농도에 관계없이 분산력은 급격히 감소하였다. 계면활성제의 농도와 입자의 분산농도에 관계없이 이온강도가 아주 높은 경우, 이온강도 증가가 분산력에 부정적으로 작용하는 것은 입자분산의 안정성에 결정적 역할을 하고 있는 전기이중층에 의한 반발에너지가 약화 되면서²⁾ 입자간 응집이 용이하게 일어나기 때문이다.

입자주위에 흡착된 계면활성제가 주된 역할을 하고 있는 입체적 안정화가 입자의 분산안정성에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 Fig. 5와 Fig. 7, 그리고 Fig. 6과 Fig. 8을 비교한 결과 전해질의 종류, 이온강도에 따른 계면활성제 흡착량과 입자분산의 안정성간의 상호 관련성은 낮았다.

3. 고품오구의 직물에의 부착에 영향을 주는 전해질 효과

전해질의 종류에 따른 PET 직물에서의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자 부착을 고찰한 결과는 Fig. 10과 같다. 이에 의하면 전해질 첨가 효과는 전해질의 종류에 따라 아주 다르게 나타났다. 전해질이 중성염인 경우, 섬유기질

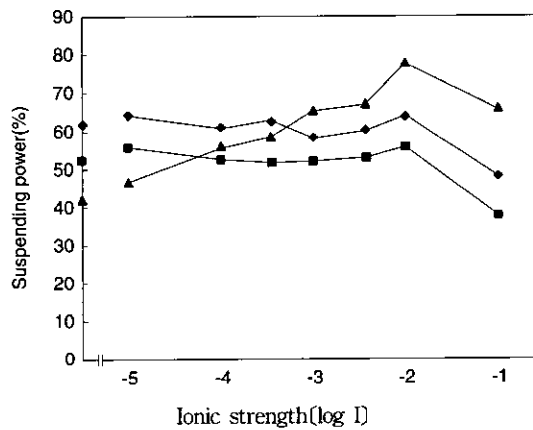


Fig. 9. Effect of ionic strength and particle concentration on the suspending power of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles.
 Surfactant conc. : 0.3%
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle con : ▲0.01%, ◆0.05%, ■0.1%
 Electrolyte : NaCl

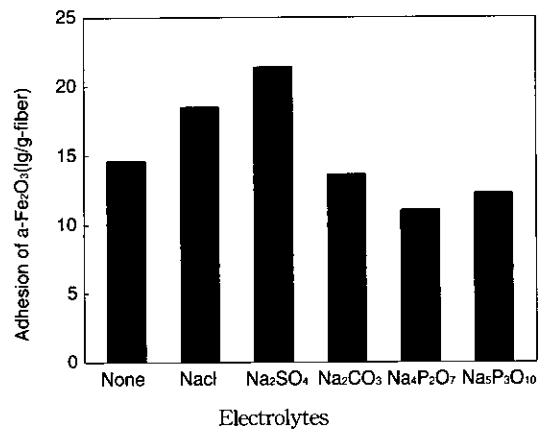


Fig. 10. Effect of electrolytes on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric.
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle con. : 0.05%
 Surfactant conc. : 0.3%
 Ionic strength : 1×10^{-3}

에 고품입자의 부착은 많아지지만 첨가되는 전해질이 염기성인 경우 섬유에의 입자부착은 오히려 줄어든다. 특히 첨가되는 전해질이 다가 음이온을 낼수록 섬유에의 입자부착은 어려웠다.

일반적으로 전해질의 이온강도 효과는 계면활성제의 농도에 따라 달라지기 때문에 고품입자의 직물에의 부착에 대한 이온강도의 영향을 계면활성제의 농도별로 검토하였는데 그 결과는 Fig. 11과 같다. 이에 의하면 이온강도에 관계없이 DBS의 cmc 이하 농도인 0.01%에서 PET직물에의 입자부착이 두드러졌고 계면활성제의 농도가 증가하면 섬유기질에 부착되는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자량은 감소한다. 이러한 현상은 용액의 계면활성제의 농도가 증가하면 섬유기질과 입자표면에 흡착되는 계면활성제의 양이 증대되어 섬유기질과 입자는 입체적 안정화되고 음이온계 계면활성제의 표면 흡착증대로 인하여 ζ potential의 (-) 값이 높아지면서 기질과 입자, 입자와 입자간의 상호 반발에너지가 커지기 때문이라고 생각된다.

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 분산농도에 변화를 주어 이온강도에 따른 섬유기질에의 고품입자의 부착량을 고찰한 결과는 Fig. 12와 같다. 이에 의하면 이온강도에

관계없이 분산액의 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자농도가 증가할수록 섬유기질에 부착되는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 증가한다. 분산액의 입자농도가 희박한 경우 이온강도가 증가하면 섬유기질에 부착되는 입자량은 서서히 증가하고 입자의 농도가 0.05% 및 0.1%인 경우 이온강도에 따른 경향이 유사한데, 이온강도가 1×10^{-2} 이하인 경우 이온강도에 따른 부착성 변화는 크지 않지만 그 이상의 이온강도에선 부착량이 급격히 증가하고 있다. 이온강도가 증가하면 섬유에의 입자 부착량이 증가하는 것은 전기이중층이 압축되어 섬유기질과 입자사이의 반발에너지가 약해지기 때문에 섬유기질에의 입자부착은 증가하게 된다.

4. 계면활성제 흡착 및 입자의 분산안정성이 고품오구의 직물에의 부착에 미치는 영향

1) 섬유에의 계면활성제 흡착

고체표면에 계면활성제가 흡착되면 일차적으로 입체적 안정화를 기할 수 있지만 계면활성제의 흡착에 따른 계면전기적 변화를 또한 수반하기 때문에 계면활성제의 흡착에 의한 입체적 안정화 효과를 독립적으로 검토하기가 어렵다.

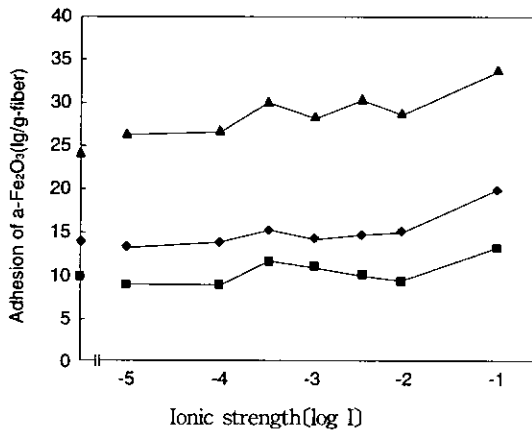


Fig. 11. Effect of ionic strength and surfactant concentration on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric.
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particle con. : 0.05%
 Surfactant conc. : \blacktriangle 0.01%, \blacklozenge 0.03%, \blacksquare 0.1%
 Electrolyte : NaCl

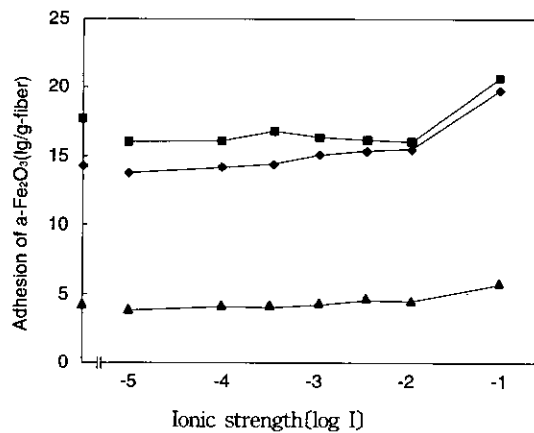


Fig. 12. Effect of ionic strength and particle concentration on the adhesion of $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles to the PET fabric.
 Surfactant con. : 0.3%
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ particles conc. : \blacktriangle 0.01%, \blacklozenge 0.05%, \blacksquare 0.1%
 Electrolyte : NaCl

고형오구의 직물에의 부착과 계면활성제의 흡착량과의 상관성을 검토하기 위하여 Fig. 3, 4와 Fig. 10, 11을 서로 비교하였다. 전해질 종류에 따른 효과를 보았을 때 중성염인 경우 섬유에의 계면활성제의 흡착량이 작고 입자의 부착량은 많은 반면 Na_2CO_3 를 제외하면 알칼리성 전해질인 경우 계면활성제의 흡착량이 상대적으로 많고 입자의 부착량은 적어 섬유기질에의 계면활성제의 흡착량이 증가하면 섬유기질에 부착되는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 부착량은 감소한다. 이는 계면활성제의 흡착에 따른 입체적 안정화 효과가 섬유기질에의 입자부착에 관여하고 있기 때문에 나타난 결과로 생각된다. 이온강도에 따른 효과에서 이온강도가 낮은 경우 계면활성제의 흡착량이 증가하면 직물에 부착되는 입자의 양은 비례적으로 감소하여 상호관련성이 높았고 이온강도 증가에 따른 계면활성제의 흡착량과 섬유기질의 입자부착량간에 상호관련성은 상대적으로 약간 떨어진 다. 이는 전해질의 이온강도가 높을수록 섬유와 입자의 계면전지적 요소가 보다 강하게 작용하기 때문에 입체적 안정화 요소의 작용이 상대적으로 미약해졌기 때문으로 생각된다.

2) 고형오구에의 계면활성제 흡착

$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자에의 계면활성제의 흡착량과 직물에의 입자 부착성 간의 상호관련성을 고찰하기 위하여 Fig. 5, 6과 Fig. 10, 11을 각각 비교하였다.

전해질 종류에 따른 효과에서 $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ 인 경우 계면활성제의 흡착량이 많으면서 입자의 섬유에의 부착량은 적어 입자에의 계면활성제의 흡착에 의한 안정화 효과가 다소 작용했을 가능성이 있으나, 다른 전해질의 경우 계면활성제의 흡착량과 섬유기질에의 부착성 간의 상호 관련성을 찾아보기 힘들다. 이는 전해질 종류간 계면활성제의 흡착량의 차이가 크지 않았기 때문이라 생각된다.

한편 계면활성제의 농도를 달리한 경우 계면활성제 흡착량은 차이가 크게 나타났고 그에 따라 계면활성제의 흡착량과 섬유기질에의 입자부착과는 좋은 상관성을 보이고 있으나 이온강도에 따른 상관성이 약간 떨어진다. 입자에의 계면활성제 흡착량 보다 섬유기질에의 계면활성제 흡착량이 입자의 직물

에의 부착성과 보다 높은 상관성을 보이고 있는 것은 계면활성제의 표면흡착에 의한 안정화 현상이 입자에서보다 섬유기질에서 크게 작용되었기 때문이라 생각된다.

3) 입자분산의 안정성

분산안정성과 입자의 직물에의 부착량을 검토한 Fig. 7, 8과 Fig. 10, 11을 비교한 결과 분산력이 좋은 전해질일수록 직물에 부착되는 입자의 양은 감소하고 있다. 이온강도에 따른 효과에서 계면활성제의 농도 변화에 따라 입자분산의 안정성과 직물에의 입자부착간에 다소 상관성이 다르지만 전반적으로 입자의 분산력이 증가하면 섬유에 부착되는 입자량은 감소하고 있어 입자의 분산 안정성과 섬유기질에의 입자부착은 높은 상관성을 보이고 있다. 용액조건에 따라 다소 상관성이 다른 것은 용액에 따라 기질과 입자에의 계면활성제의 흡착량 차이와 그에 따른 전기적 요소들이 완전히 배제되지 못하고 다 함께 작용되었기 때문이라 생각된다. 특히 계면활성제의 농도 차이가 커서 입자에의 계면활성제 흡착량에 차이가 많이 나는 경우 계면활성제의 흡착량이 PET직물에의 입자부착을 주도하게 되어 입자분산성과 입자의 부착량과의 관련성이 약해졌을 것이다.

IV. 결 론

계면활성제 용액내에서 고형오구의 직물에의 부착에 영향을 주는 전해질 효과를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 계면활성제의 농도가 증가할수록 계면활성제의 흡착량은 증가하며 이온강도가 증가하면 계면활성제 흡착량은 감소하였다.
2. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자에의 계면활성제 흡착량은 전해질이 첨가되면 입자에 흡착되는 계면활성제양은 많아졌다. 전해질 종류, 이온강도 그리고 계면활성제 농도에 따른 효과는 섬유기질에서와 같은 경향을 보였다.
3. 전해질이 첨가되면 입자의 분산력은 저하되는

데 그 정도는 중성염의 경우 크고, 염기성염인 경우 적었다. 한편 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자에의 계면활성제 흡착량과 입자분산의 안정성간의 상호관련성은 낮았다.

4. $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET적물체의 부착량은 중성염인 경우 입자의 부착량은 많아지지만 알칼리성인 경우 적물체의 입자부착은 적었다.

5. 고품입자의 적물체의 부착은 섬유체의 계면활성제의 흡착량과 비교적 높은 상관성을 나타내지만 적물체의 입자부착량과 입자에의 계면활성제 흡착량과는 상관성이 낮았다. 입자의 분산력이 증가할수록 적물체의 입자 부착량은 감소하여 입자분산의 안정성과 입자의 부착성은 높은 상관성을 보였다.

참 고 문 헌

1. 이근우 · 고광호, 콜로이드 및 계면과학, 탐구당, p. 159, 1981
2. 류동일 · 김준호 · 신윤숙, 계면과학, 전남대학교 출판부, 25-30, 1998
3. 국윤환, 이정민, 조정채: 콜로이드와 계면활성제, 대광서림, p. 88, 1995
4. 류동일 · 김준호 · 신윤숙, *ibid*, p. 159
5. 국윤환 · 이정민 · 조정채, *ibid*, 86-88
6. Matijevic E., Scheiner P., Ferric Hydrous Oxide Sols, *J. Colloid Interface Sci.*, **63**(3), 509, 1978
7. Abbott D. C., The Colorimetric Determination of Anionic Surface-active Materials in Water, *Analyst*, **87**, 286-293(1962)
8. 최재성, 기기 및 분석화학 실험, 동화기술, 236-238, 1998
9. Cutler W.G. and Davis R.C., Detergency: Theory and Test Methods, Surfactant Science Series, Vol.5, Marcel Dekker, New York, 95-96, 1972
10. 김성련, 세계와 세척의 과학, 교문사, p. 50, 1996
11. 강인숙, 입자의 분산안정성이 고품오구의 세척성에 미치는 영향, 한국과학재단 핵심 과제 연구 보고서, (981-1108-041-2)
12. 강인숙, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 입자의 PET 적물체의 부착과 제거에 관한 계면 전기적 고찰, 서울대학교 이학박사 학위논문(1992)