〔報 文〕

Journal of the Korean Society
of Clothing and Textiles
Vol. 21, No. 3 (1997) p. 632~640

계면활성제 혼합용액의 계면특성 및 세척성에 관한 연구

심 소 희·박 정 희

서울대학교 의류학과

Surface Properties and Detergency of the Binary Surfactant Mixture

Sohie Shim · Chunghee Park

Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University

(1997. 3. 19 접수)

Abstract

Changes in surface properties and detergency of surfactant mixtures were investigated in order to study the optimum mixing ratio of anionic and nonionic surfactants by measuring surface tension, interfacial tension, suspendability, and emulsification as a function of mixing ratio. Also, surface tension and detergency of the surfactant mixtures were determined with the increase of water-hardness or temperature.

The results were as follows: the addition of NPE to anionic surfactant solutions (LAS or SDS) by 0.1 mole fraction remarkably decreased surface tension. NPE (n=15)/anionic surfactant mixtures showed a synergistic effect in lowering interfacial tension and emulsification, but NPE (n=7.5)/anionic surfactant mixtures did not. In suspension stability, however, synergism appeared when LAS or SDS was mixed with both of NPE's. With respect to the hydrophile of NPE, NPE (n=15) was more effective than NPE (n=7.5) in improving suspension stability.

Detergency of LAS/NPE mixture changed almost linearly with mixing ratio, but that of SDS/NPE mixture increased remarkably by the addition of 0.1 or 0.2 mole fraction of NPE at all temperatures. As the temperature increased, surface tension of surfactant mixtures decreased and detergency was improved, but their synergistic effect decreased.

In hard water, the mixtures showed better detergency than single surfactant solutions.

Ⅰ. 서 론

계면활성제들은 친수기와 친유기의 종류 및 특성에 따라 서로 다른 장단점을 가지고 있으므로 계면활성제 단독으로 세제에 사용되기도 하지만 일반적으로 음이온 계면활성제와 비이온 계면활성제를 혼합하여 사용하는데[1], 국내에서도 대부분 단독보다는 혼합 시스템을 적

용하여 세정력, 헹굼성, 생분해성 등의 향상을 꾀하고 있다[2].

계면활성제의 가장 기본적인 특성은 계면에 흡착되어 단분자층을 형성하거나 용액 내에서 미셀을 형성하는 점이다. 따라서, 계면활성제 혼합용액은 계면에서 서로 다른 계면활성제 분자가 같이 혼합된 단분자층을 만들며, 미셀의 성분도 2가지 또는 그 이상의 계면활성제가 섞여서 존재하게 된다[3]. 계면활성제를 혼합할 때 나타나는 상승효과는 이와 같이 혼합 계면활성제가 회합구조를 형성하는 양상이 단독 계면활성제 용액에서와 달라서 발생하는 현상으로, 계면활성제 혼합 용액의 여러 가지 특성은 서로 다른 계면활성제 분자 상호간의 작용에 의해 결정지어질 것이며 이는 계면활성제의 화학적 구조 또는 용액의 온도, pH, 이온강도 등에 의해 영향을 받는다. 이러한 계면활성제 혼합용액의 특성에 관한 연구로는 Schwuger, Rosen, Cox 등[4~11]의 연구가 있다.

지금까지의 연구는 계면활성제 혼합에 따른 미셀의 형성이나 표면장력 등의 변화에 관하여 주로 보고되었지만, 이를 계면활성제 혼합에 따른 여러가지 특성을 세척성과 명확하게 관련지은 연구는 많지 않다. 또한 주로 주성오구와의 계면특성을 위주로 관여 연구되었고, 유성오구가 고형오구와 함께 있는 경우는 충분히 검토하지 못하였다.

이에 따라 본 연구는 그 첫번째 단계로 혼합비율에 따른 표면장력 및 계면장력을 측정하여 최대의 계면활성을 나타내는 조건을 조사한다. 두번째 단계로는 혼합비율에 따른 계면활성제 혼합용액의 분산력 및 유화력을 측정하여 혼합에 따른 상승효과를 검토한다.

마지막 단계로 각 혼합비율에 따른 세척성을 측정하고 앞서 측정한 계면특성을 혼합비율에 따른 세척성 변화와 관련하여 설명하고자 한다. 이 때 용수의 경도나 온도가 변화함에 따른 계면활성제 혼합용액의 세척거동을 조사하여 계면활성제 혼합시 최적의 세척효과를 나타낼 수 있는 조건을 제시하고자 한다.

II. 실 험

1. 시약 및 오염포

음이온 계면활성제로는 sodium dodecylbenzene sulfonate(LAS)와 sodium dodecyl sulfate(SDS)를 사용하였고, 비이온 계면활성제는 ethylene oxide의 부가몰수 n=7.5, 10, 15, 18의 nonylphenol polyoxyethylene ether(NPE)를 사용하였다. 이들 계면활성제는 모두 시약일급을 사용하였다.

Carbon black은 일본유화학회 세탁시험용 규정품이며, 올레산은 Shinyo Pure Chemicals Co., Ltd.의 제품으로 시약일급을 사용하였다.

오염포로는 시판 인공오염포인 EMPA(Eidgenossische Material-Prufungs und Versuchsan Stalt fur Industry) 101을 5 cm×10 cm로 잘라서 사용하였다.

2. 실험방법

1) 표면장력 및 계면장력의 측정

계면활성제 용액의 표면장력 및 올레산/계면활성제 사이의 계면장력을 측정하기 위해 표면장력계(FACE surface tensiometer, model CBVP-A3)를 사용하여 측정하였다.

2) 세척

Terg-O-Tometer를 사용하여 1×10^{-3} M/l 농도의 계면활성제 용액 1 l에 오염포 4매를 넣고 규정온도에서 90 rpm으로 10분간 세척한 후 증류수 1 l로 3분씩 각각 2회 헹구어 공기 중에서 자연 건조하였다.

세척용수로는 2차 증류수를 사용하였고, 세액의 경도는 $CaCl_2$를 사용하여 조절하였다. 경수로 세척한 경우에는 헹굼시에도 경수를 사용하였다.

세척성의 평가는 원포와 세척전후의 오염포의 표면반사율을 색차계(Yasuda seiki seisakusho, Ltd.)의 Y-filter를 사용하여 측정한 후 표면반사율값을 Kubelka-Munk식에 따른 K/S 값으로 환산하여 다음과 같이 세척률을 계산하였다.

$$\text{K/S에 의한 세척률} = \frac{(K/S)_s-(K/S)_w}{(K/S)_s-(K/S)_I}\times 100(\%)$$

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

R : 포의 표면반사율

$(K/S)_I$: 원포의 K/S값

$(K/S)_s$: 세척전 오염포의 K/S값

$(K/S)_w$: 세척후 오염포의 K/S값

3) 분산력의 측정[12]

100 ml 삼각 플라스크에 1×10^{-3} M/l 계면활성제 용액 50 ml를 넣고 carbon black 0.1 g을 가하여 20℃로

예열된 항온 진탕기에서 20분간 100 rpm으로 진탕하였다.

이 액 1 ml를 피펫으로 취하여 50 ml volumetric 플라스크에 옮기고 세액으로 채워 이것의 흡광도(D_1)를 UV Spectrophotometer(UV-240, Shimadzu)를 사용하여 파장 520 nm에서 측정하였다. 이 때 계면활성제 용액의 흡광도를 reference로 하였다.

진탕한 액의 나머지는 실린더에 옮겨 24시간 방치한 다음 이 액을 윗부분에서 1 ml를 취하여 50 ml volumetric 플라스크에 옮기고 계면활성제 용액으로 채운 후 위와 같은 방법으로 흡광도(D_2)를 측정하였다. 그리고 다음 식에 의해 분산의 안정성을 계산하였다.

$$\text{분산의 안정성} = \frac{D_2}{D_1} \times 100(\%)$$

4) 유화력의 측정[12]

100 ml 삼각 플라스크에 계면활성제 용액 20 ml와 올레산 10 ml를 가하여 미리 20℃로 예열된 항온 진탕기에서 1시간 진탕한 후 즉시 50 ml 메스실린더에 옮기고 12시간 방치하여 혼합액이 올레산(上), 유상(乳狀)(中), 물(下) 3층으로 분리되었을 때의 유상층의 용량(ml)으로 유화력을 표시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 계면활성제 혼합 비율에 따른 표면장력

음이온 계면활성제인 LAS 및 SDS와 비이온 계면활성제인 NPE(n=7.5, 10, 15, 18) 혼합용액의 표면장력을 1×10^{-3} M/l 농도로 혼합비율에 따라 측정하였으며 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 20℃에서 계면활성제 용액의 표면장력은 SDS가 LAS보다 크며 NPE용액은 ethylene oxide의 부가몰수(n)가 7.5에서 15까지는 친수기가 많아짐에 따라 표면장력이 증가하였다. SDS/NPE 혼합 용액의 표면장력을 살펴보면, NPE의 몰분율이 증가할수록 표면장력이 감소하며 특히 몰분율 0.1로 소량만 첨가하여도 표면장력이 크게 감소하여 비이온 계면활성제를 소량 첨가하고도 순수한 비이온 계면활성제의 표면장력에 가까운 값을 얻을수 있다. LAS/NPE 혼합용액의 표면장력은 LAS용액과 NPE 용액의 중간값을 가지나, NPE(n=18)를 제외한 LAS/NPE 혼합용액에서 NPE의 몰분율이 0.1일 때 순수한 LAS용액에 비해 표면장력이 현저히 감소하는 현상을 보였다.

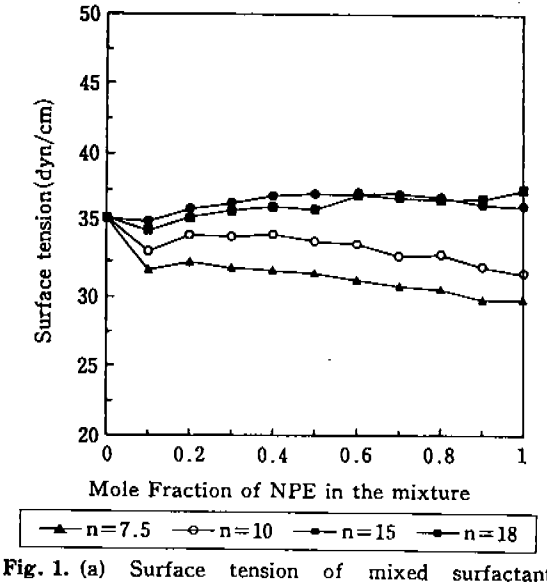

Fig. 1. (a) Surface tension of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture for various EO chain lengths (LAS/NPE).
surfactant conc.: 10^{-3} M/l
temperature: 20℃

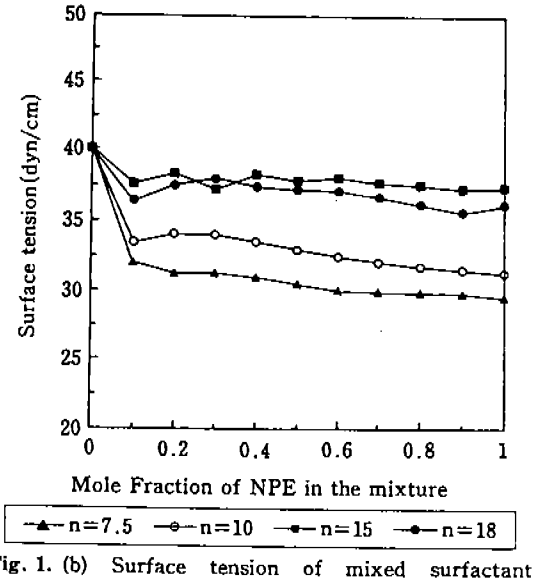

Fig. 1. (b) Surface tension of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture for various EO chain lengths (SDS/NPE).
surfactant conc.: 10^{-3} M/l
temperature: 20℃

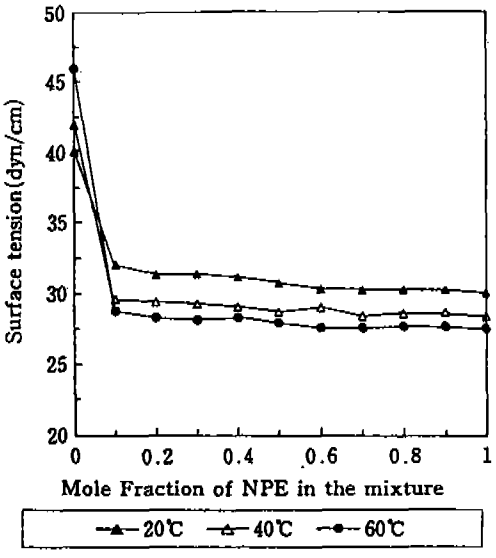

Fig. 2. (a) Surface tension of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture at various temperatures (SDS/NPE (n=7.5)). surfactant conc.: 10^{-3} M/*l*

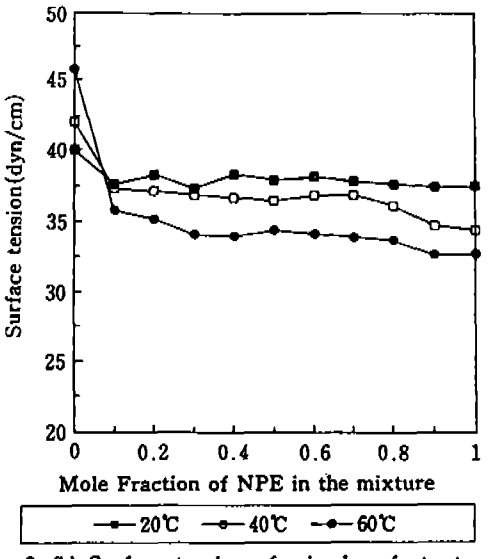

Fig. 2. (b) Surface tension of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture for various EO chain moles (SDS/NPE (n=15)). surfactant conc.: 10^{-3} M/*l*

Fig. 2는 온도의 상승에 따른 표면장력의 변화를 나타낸 것으로, NPE용액의 표면장력은 온도가 상승함에 따라 감소하지만, SDS용액의 표면장력은 20℃보다 온도가 높아지면 표면장력이 증가하는 경향을 보인다. 용액의 표면장력은 일반적으로 온도가 상승함에 따라 감소하지만, 계면활성제 용액은 온도가 상승함에 따라 표면이나 계면에서 계면활성제의 흡착량이 감소하여 표면장력이 증가하는 경우도 있다[13]. 그러나 비이온 계면활성제의 경우, 온도가 상승함에 따라 친수기에 수화되었던 물이 떨어져 나가며 계면활성제의 친수성이 떨어지므로 이에 따라 수용액에서 표면장력이 감소하는 것으로 생각된다[14].

또한 20, 40, 60℃의 모든 온도에서 음이온 계면활성제(LAS 또는 SDS)와 비이온 계면활성제(NPE) 혼합용액의 표면장력은 NPE가 몰분율 0.1만 혼합되어도 표면장력의 저하에 있어서 상승효과가 나타나거나 순수한 NPE 용액의 값에 가깝게 나타나며, 온도 상승에 따른 표면장력의 변화 거동도 NPE와 유사하게 나타남을 알 수 있다.

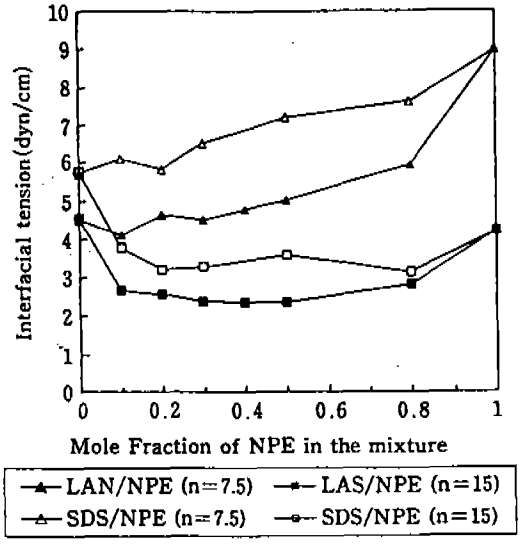

Fig. 3. Interfacial tension between mixed surfactant solutions and oleic acid vs. mole fraction of NPE in the mixture.
surfactant conc.: 10^{-3} M/*l*
temperature: 20℃

2. 계면활성제 혼합비율에 따른 계면장력

Fig. 3은 20℃에서 LAS/NPE 혼합용액과 SDS/NPE 혼합용액이 올레산과 이루는 계면장력을 혼합비율에 따라 나타내었다. NPE(n=7.5) 혼합용액보다 NPE(n=15) 혼합용액이 올레산과 이루는 계면장력이 더 작은 값을 나타내었는데, 이는 NPE(n=7.5) 용액의 계면장력이 친수기가 더 많은 NPE(n=15) 용액의 계면장력보다 높기 때문으로 생각된다.

특히, NPE(n=15)의 경우 LAS와 SDS모두에서 혼합을 통해 단독용액의 계면강력보다 혼합용액의 계면장력이 더 낮아지는 상승효과를 볼 수 있었다. 이는 polyoxyethylene계 비이온 계면활성제를 혼합할 경우에는 ethylene oxide기의 수가 많을수록 혼합에 의한 이상상태로부터의 편차가 크다는 다른 연구자들의 결론과 일치한다[15-17]. 이러한 상승효과는 음이온 계면활성제에 ethylene oxide기가 있는 비이온 계면활성제를 혼합하면 부피가 비교적 큰 ethylene oxide기에 의해 이온성 친수기가 서로 격리되어 계면활성제간에 정전기적 반발력이 감소하므로 회합이 유리해지며, 계면의 전하밀도도 감소하게 되어 나타나게 된다. 또한 음이온/비이온 혼합용액에서는 이러한 정전기적 효과외에도 그 효과는 매우 작으나 ethylene oxide기의 산소원소가 oxonium 이온을 형성하게 되어 음이온과의 친화력이 증가하여 계면에서의 흡착량이 증가할 것으로 생각된다[9]. 혼합에 의한 이러한 효과는 ethylene oxide기가 갖는 입체적 특성에 의한 것이므로 따라서 ethylene oxide기를 많이 가지는 비이온계면활성제를 혼합하는 것이 효과가 클 것이라고 생각되어진다.

3. 계면활성제 혼합비율에 따른 유화력

Fig. 4는 LAS/NPE 및 SDS/NPE 혼합용액의 유화력을 혼합비율에 따라 나타낸 것이다. 계면활성제 단독용액의 유화력은 NPE(n=15)>LAS>SDS>NPE(n=7.5) 용액의 순으로 올레산과의 계면장력이 작은 순으로 나타났다. 또한 LAS나 SDS를 NPE(n=15)와 혼합한 경우에는 유화력이 향상되어 각각의 단독용액의 유화력보다 좋은 상승효과를 나타내었으나 NPE(n=7.5) 혼합용액에서는 NPE가 몰분을 0.2만큼 혼합되면 거의 NPE 단독용액의 유화력과 비슷해져서 오히려 유화력이 감소하는 결과를 가져왔다.

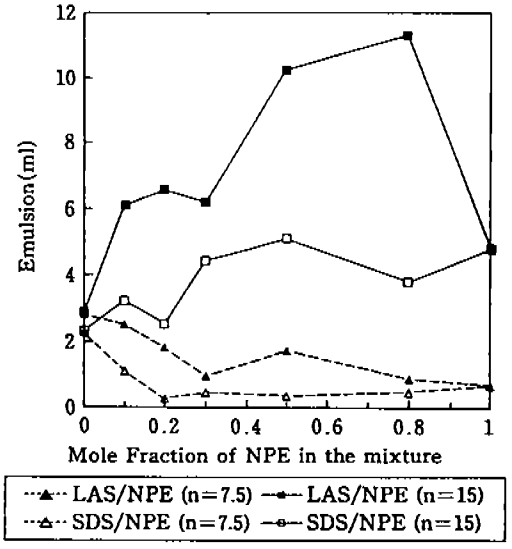

Fig. 4. Emulsification of mixed surfactant solutions and oleic acid vs. mole fraction of NPE in the mixture.
surfactant conc.: 10^{-3} M/l
temperature: 20℃

유화된 상태에서는 물과 기름간의 표면적이 크게 증가하므로 표면에너지가 매우 큰 불안정한 상태가 되는데 계면활성제를 가하면 계면에너지가 감소되면서 안정한 유화상태를 유지하게 된다. 따라서 유화력은 계면장력의 변화에 의해서 크게 영향을 받을 것으로 기대된다. Fig. 3에서 보면 NPE(n=7.5)보다는 NPE(n=15)와 음이온 계면활성제를 혼합할 때 계면장력이 크게 감소하며 상승 효과를 나타내었는데, 이러한 경향이 유화력에도 영향을 미쳐서 NPE(n=7.5)는 혼합에 의해 유화력이 향상되지 않는 반면 NPE(n=15)용액과 음이온 계면활성제를 혼합한 경우에는 혼합용액의 유화력이 단독용액의 유화력보다 높은 상승효과를 나타낸 것으로 생각된다.

4. 계면활성제 혼합비율에 따른 분산력

Fig. 5는 LAS/NPE 혼합용액과 SDS/NPE 혼합용액의 분산 안정성을 초기흡광도(D_1)에 대한 24시간 방치 후의 흡광도(D_2)의 비율로 나타낸 것이다. 혼합에 의해 분산 안정성의 향상이 눈에 띄었으며 LAS/NPE에서 특히 혼합비율이 1 : 1일 때 분산력이 각 단독용액보다 높아 상승효과를 나타내었다. SDS/NPE(n=15)

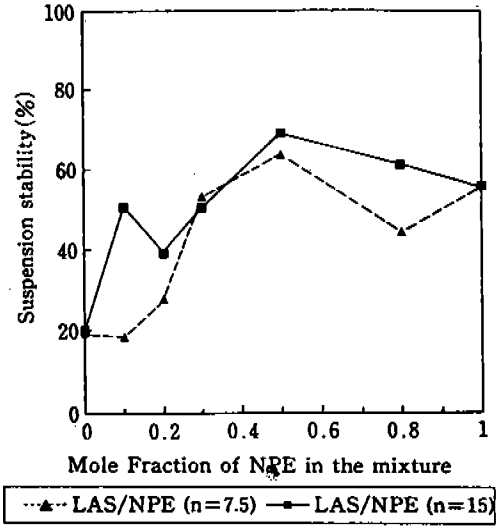

Fig. 5. (a) Suspension stability of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture (LAS/NPE).
surfactant conc.: 10^{-3} M/*l*
temperature: 20℃

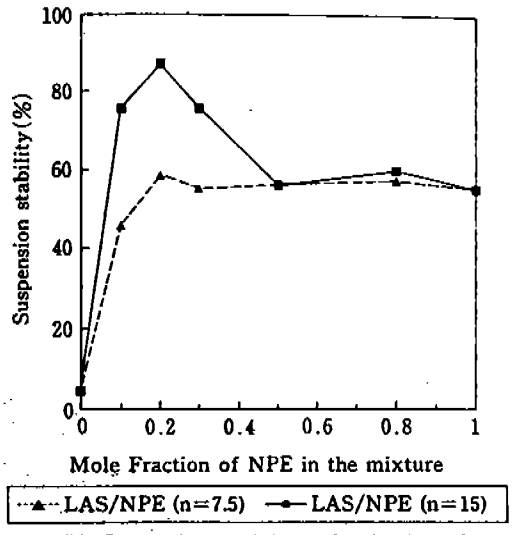

Fig. 5. (b) Suspension stability of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture (SDS/NPE).
surfactant conc.: 10^{-3} M/*l*
temperature: 20℃

에서는 몰분율 0.2에서 최대의 분산력을 나타내며 NPE가 소량 첨가되었을 때 NPE 단독용액에서보다도 현저하게 높은 분산의 안정성을 나타내었다.

일반적으로 고체 입자의 분산은 van der Waals 인력과 입자간 반발력 사이의 균형에 의해 결정되며, 이때 이온성 계면활성제의 경우에는 정전기적 힘이 작용하고, 비이온 계면활성제의 경우에는 긴 친수기에 의해 입체적 반발력이 작용한다[19].

본 연구에서 분산의 안정성도 NPE(n=7.5)과 음이온 계면활성제의 혼합에서보다 친수기가 더 많은 NPE (n=15)과 음이온 계면활성제의 혼합용액에서 더 좋았다. 이는 NPE(n=15)의 친수기가 더 많아서 입체장애에 의한 반발이 더 효과적이기 때문으로 생각된다.

5. 계면활성제 혼합비율에 따른 세척성

1) 온도 상승 및 계면활성제 종류에 따른 세척성

Fig. 6은 SDS와 NPE 혼합용액의 세척성을 20℃, 40℃, 60℃에서 혼합비율에 따라 본 것이다. 20℃에서 SDS 단독용액의 세척성은 NPE 단독용액이나 혼합용액보다 낮은데, 이는 SDS용액의 표면장력이 높은 것과 관련이 있는 것으로 생각된다. SDS와 NPE(n=15) 혼

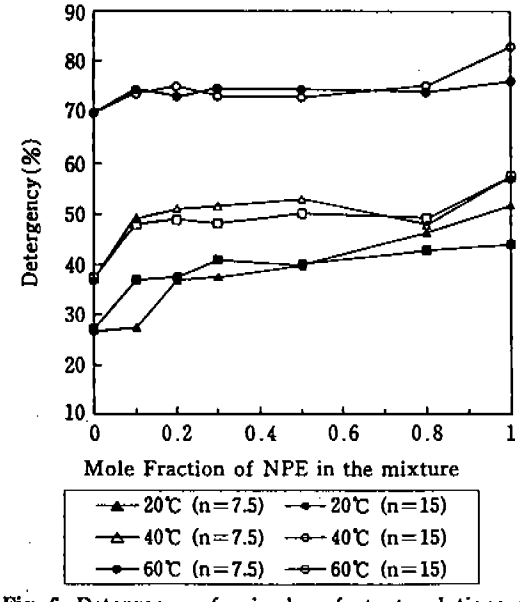

Fig. 6. Detergency of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture at various temperatures (SDS/NPE).
surfactantant conc.: 10^{-3} M/*l*

합용액에서는 NPE 몰분율이 0.1인 경우에 세척성이 높았으나 NPE(n=7.5) 혼합용액에서는 NPE 몰분율 0.2에서 세척성이 증대하였다.

40℃에서의 SDS/NPE 혼합용액의 세척성은 온도가 상승함에 따라 20℃에서보다 전반적으로 향상되었다. 특히 NPE 몰분율이 0.1일 때 세척성이 크게 증가하고 그 이후 다른 혼합비율에서도 비슷한 세척성을 유지하여, SDS에 NPE를 조금만 혼합하여도 그 세척성은 NPE 단독용액의 세척성과 유사하게 나타났다.

60℃에서는 40℃에서보다 세척성이 더욱 증가하였고, SDS/NPE 혼합용액에서 NPE 몰분율이 0.1일 때 다소 높은 세척성을 나타내어 NPE(n=7.5)의 경우에는 NPE 단독용액과 비슷한 값을 가진다.

일반적으로 NPE는 온도가 상승함에 따라 ethylene oxide기와 물과의 수화현상이 감소하는데, 비이온 단독용액의 경우 60℃에서 NPE(n=7.5)의 세척성에 비해 NPE(n=15)의 세척성이 좋은 이유는 친수기가 클수록 cloud point가 커져[20], 친수기가 적은 NPE(n=7.5)는 실온에서 이미 cloud point를 넘은데 반해 NPE(n=15)는 cloud point가 60℃보다 높아 고온에서도 잘 견딜 수 있기 때문으로 생각된다.

이상의 세척실험 결과, SDS/NPE 혼합용액에서는 세척성이 단독용액보다 높은 상승효과는 볼 수 없었으나 NPE를 소량만 가하여도 SDS단독용액보다 세척성이 현저하게 향상되었으며 이것은 SDS/NPE 혼합용액에서 NPE가 몰분율 0.1로 소량만 혼합되어도 표면장력이 저하하는 경향과 일치하였다. 그러나 LAS/NPE 혼합용액에서는 혼합에 의한 세척성의 상승효과가 나타나지 않았다.

혼합용액에서 비이온이 적은 몰분율로만 혼합되어도 세척성이 증가하던 현상은 온도가 증가할수록 둔화되어 60℃로 온도가 높아지면 전체 혼합비율에 걸쳐 일정한 값을 나타내었다. 이는 온도가 상승하면 세척성이 크게 향상되어 혼합비율에 따른 효과를 상쇄하기 때문으로 생각되며, 또한 온도가 상승하면서 상호작용하는 계면활성제 분자들이 차지하는 표면적이 커지기 때문에 분자간 거리가 커지면서 계면활성제간의 상호작용이 적어지기 때문이다[21].

2) 경수에서의 세척성

칼슘이온이나 마그네슘이온 등이 존재하는 경수에서는 계면활성제의 용해도가 감소하고, 대부분의 섬유와 오구는 음의 전하를 띠므로 이런 양이온은 섬유와 오구간의 전기이중층을 강하게 압축시켜 결합시키는 매개가 되므로 세탁효과가 떨어지며, LAS 등의 음이온 계면활성제는 양이온들과 침전을 형성하여 세탁효능이 감소한다.

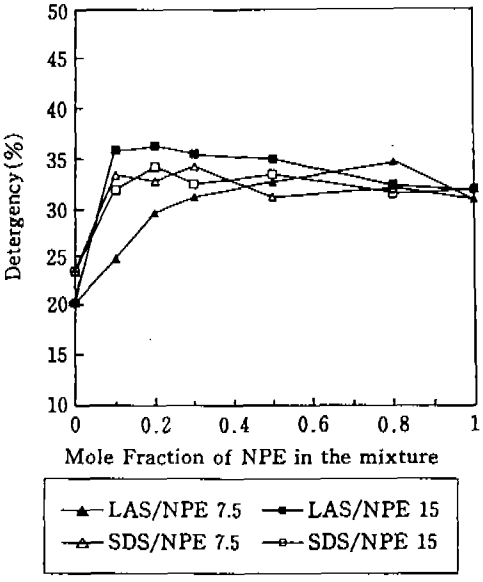

Fig. 7. Detergency of mixed surfactant solutions vs. mole fraction of NPE in the mixture in hard water. hardness of washing sol'n: 300 ppm surfactantant conc.: 10^{-3} M/*l* temp. of washing sol'n: 20℃

Fig. 7은 300 ppm의 경수를 사용해 LAS/NPE 혼합용액과 SDS/NPE 혼합용액의 세척성을 혼합비율에 따라 나타내었는데, 300 ppm의 경수에서 각 단독용액의 세척성은 감소하였으나 혼합용액의 세척성은 0 ppm에서의 세척성보다 크게 감소하지 않았으며, 경수에서는 혼합용액의 세척성이 단독용액의 세척성보다 더 높은 상승효과를 보였다. 따라서 경수에서 음이온 계면활성제에 비이온 계면활성제를 소량 혼합하면 세척성 및 내경수성의 향상에 크게 기여함을 알 수 있다. 이는 LAS/NPE 혼합용액에서도 일치하며, 특히 일반적으로 칼슘이온과 반응을 일으키는 이온기가 없으므로 내경수성이 좋을 것으로 여겨지던 비이온계면활성제 단독용액의 세척성이 실험 결과 경수에서 많이 감소하는 것으로 나타났다.

Cox 등[17]의 연구에서도 LAS에 AE계 비이온 계면활성제를 혼합함으로써 세척성이 향상되며, 이때 비이온 계면활성제를 첨가하는 것이 LAS간의 정전기적 반발력을 감소시켜 CMC를 낮추고 주로 비이온 분자를 포함하는 미셀을 형성하며 칼슘이온과 LAS가 결합된 침전을 형성하여 발생하는 LAS의 손실을 방지하여 내경수성을 높인다고 하였다.

또한 친수기가 큰 NPE(n=15)와 LAS의 혼합용액이 NPE(n=7.5)와의 혼합용액보다 세척성이 더 좋았는데 이러한 현상은 친수기가 클수록 칼슘이온에 대해 입체적인 반발력이 크기 때문으로 보인다.

IV. 결 론

본 연구는 계면활성제 혼합에 따른 계면특성의 변화를 보기 위하여 혼합비율에 따른 표면장력 및 계면장력을 측정하고 이를 각 혼합비율에 따른 세척성과 관련하여 설명하고자 하였다. 이 때 세액의 경도나 온도가 변화함에 따라 계면활성제 혼합용액의 계면특성 및 세척거동을 조사하여 계면활성제 혼합시 최적의 세척효과를 나타낼 수 있는 조건을 모색하고자 하였고, 그 결과는 다음과 같다.

1) LAS에 비이온 계면활성제를 혼합함에 따라 NPE(n=18)을 제외한 LAS/NPE 혼합용액에서 NPE가 몰분율 0.1만큼 혼합되면 표면장력이 낮아지며, SDS는 사용된 모든 비이온 계면활성제에 대해 비이온계가 몰분율 0.1로 첨가되면 표면장력이 크게 감소하였다.

2) 올레산과 이루는 계면장력은 NPE(n=7.5)를 음이온 계면활성제에 혼합한 경우에는 상승 작용이 나타나지 않으나 NPE(n=15)를 음이온 계면활성제에 첨가할 때에는 단독용액의 계면장력보다 낮은 상승효과를 나타내었다. 유화력에서도 NPE(n=15)와 음이온 계면활성제 혼합시 상승효과가 나타났으며 NPE(n=7.5) 혼합용액에서는 상승효과가 나타나지 않아 계면장력에서의 경향과 일치하였다.

3) 분산의 안정성에서는 LAS/NPE 혼합용액의 분산 안정성이 각 단독용액보다 높아 상승효과를 나타냈으며, SDS의 경우에도 NPE가 소량 첨가되면 현저하게 높은 분산력을 나타냈다. 또한 NPE(n=15)와의 혼합용액이 NPE(n=7.5) 혼합용액보다 분산의 안정성이 좋았다.

4) 온도가 상승하면 전반적으로 세척성이 증가하였으며, SDS/NPE 혼합용액의 경우 모든 온도에 걸쳐 몰분율 0.1 이나 0.2만큼 소량의 비이온 계면활성제를 첨가하면 세척성이 크게 증가하였으나 온도가 상승함에 따라 그 효과가 둔화되었다.

5) 경수에서의 세척성은 각 단독용액의 경우에는 연수에 비해 세척성이 현저하게 감소하였으나 혼합용액은 영향을 적게 받아 내경수성이 향상되었음을 알 수 있었으며, 경수에서는 혼합용액이 각각의 단독용액보다 세척성이 높은 상승효과를 보였다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단의 자유공모과제 연구비 지원에 의하여 이루어졌음.

참 고 문 헌

1) M.F. Cox and T.P. Matson, Worldwide Studies of Mixed Active Laundry Detergency, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**, 330 (1984)
2) 강윤석, 국내 의류용 세제의 최근 동향, 한국의류학회지, **19**, 161 (1995)
3) J.F. Scamehorn, *Phenomena in Mixed Surfactant Systems*, J.F. Scamehorn ed., American Chemical Society, Washington, D.C., 1986, p. 1.
4) M.J. Schwuger, *Structure/Performance Relationships in Surfactants*, M.J. Rosen ed., American Chemical Society, Washington, D.C., 1984, Chap. 1.
5) M.J. Rosen and X.Y. Hua, Synergism in Binary Mixtures of Surfactants, 1. Theoretical Analysis, *J. Colloid Interface Sci.*, **90**, 212 (1982)
6) M.J. Rosen and X.Y. Hua, Synergism in Binary Mixtures of Surfactants, 2, Some Experimental Data, *J. Am. Oil Chem. Soc*, **59**, 582 (1982)
7) M.J. Rosen and B.Y. Zhu, Synergism in Binary Mixtures of Surfactants, 3. Betain-Containing Systems, *J. Colloid Interface Sci.*, **99**, 427 (1984)
8) M.J. Rosen and B.Y. Zhu, Synergism in Binary Mixtures of Surfactants, 4. Effectiveness of Surface Tension Reduction, *J. Colloid Interface Sci.*, **99**. 435 (1984)
9) M.J. Rosen and Z.H. Zhu, Synergism in Binary

Mixtures of Surfactants, 7. Synergism in Foaming and its Relation to Other Types of Synergism, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 65, 663 (1988)
10) M.F. Cox, N.F. Borysand, and T.P. Matson, Interactions between LAS/Nonionic surfactants, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 62, 1139 (1985)
11) M.F. Cox and K.L. Matheson, Interactions between LAS and Water Hardness Ion, II. Reducing Hardness Sensitivity by the Addition of Micelle Promotion Agents, *J. Am. Oil Chem. Soc*, 62, 1396 (1985)
12) 정혜원, 오염증의 유리지방산이 세척에 미치는 영향, 한국의류학회지, 1, 31 (1977)
13) 西一郎, 今井恰知朗, 笠井正威, 界面活性濟便覽, 産業圖書株式會社, 1979, p. 72.
14) L. Marszal, *Surfactant Science Series, Vol. 23: Nonionic Surfactant*, M.J. Schick ed., Marcel Dekker, Inc., New York, 1987, p. 526.
15) M.J. Rosen, *Surfactants and Interfacial Phenomena*, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1989, pp. 393-418.
16) M.R. Aronson, M.L. Gum and E.D. Goddard, Behavior of Surfactant Mixtures in Model Oily -Soil Detergency Studies, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60, 1333 (1983)
17) M.F. Cox, N.F. Borysand T.P. Matson, Interactions between LAS/Nonionic surfactants, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 62, 1139 (1985)
18) J.H. Clint, Surfactant Aggregation, Blackie, 1992, pp. 211-216.
19) T. Sato and R. Ruch, *Surfactant Science Series, Vol. 9: Stabilization of Colloidal Dispersions by Polymer Adsorption*, Marcel Dekker, Inc., New York, 1982, Chap. 2.
20) J. Cross, *Surfactant Science Series, Vol. 19: Nonionic Surfactant*, J. Cross ed., Marcel Dekker, Inc., New York, 1987, p. 377.
21) M.J. Rosen and F. Zhao, Binary Mixtures of Surfactants, *J. Colloid Interface Sci.*, 95, 443 (1983)