

# 비이온 계면활성제의 합성기술과 응용

- Narrow Range Ethoxylate -

동 남 합 성 (주)

배 동 호

## 1. 분자량 분포가 좁은 Ethylene Oxide 부가물

비이온 계면활성제는 다른 종류의 계면활성제와 달리 이온성을 띄지 않아 다른 물질들과의 상용성이 좋다는 점에서 응용의 폭이 넓어 여러분야에서 많이 사용되고 있다. 비이온 계면활성제의 종류는 많이 있으나 그 중에서도 ethylene oxide adduct (EOA)는 친수기인 ethylene ether 기가 EO 부가량에 따라 조절이 되므로 HLB를 원하는 대로 얻을 수가 있어서 가장 널리 사용된다. EOA는 -OH, -COOH, =NH, -SH 등의 functional group을 갖는 화합물과 ethylene oxide를 적당한 촉매하에 가압 반응시켜 얻어진다. 이때 ethylene oxide의 부가량을 조절하여 ethylene ether unit가 연속적으로 결합된 화합물이 만들어진다. 보통은 NaOH나 KOH 같은 알칼리 촉매를 사용하여 EOA를 합성하는데 산 촉매와 달리 ethylene oxide 2분자가 결합해 만들어지는 1,4-dioxane이 없다는 장점이 있다.

알코올의 EO 부가물이 산업적으로 가장 많이 사용되고 있으므로 알코올 EOA를 예로 들어 분자량 분포가 계면활성에 미치는 영향과 이에 따른 응용에 대해 알아보기로 한다.

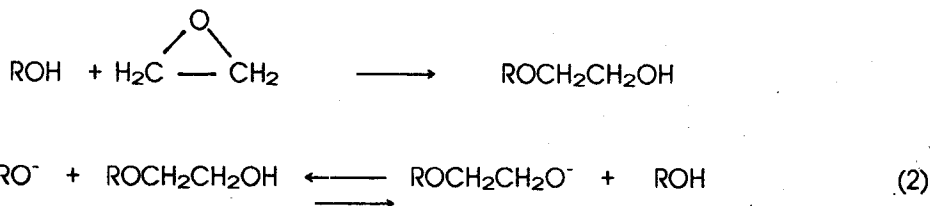
Detergent - range 알코올(C<sub>12</sub> - C<sub>14</sub>)은 ethylene oxide (EO)와 반응하여 쉽게 비이온성 계면활성제가 된다. 이때, 계면활성제의 performance는 알코올의 구조 - linear 또는 branched, primary 또는 secondary - 와 EO 부가몰수에 따라 다르다. 종래에는 알코올의 구조와 EO 부가몰수가 계면활성제의 성능에 대해 영향을 미친다고 생각되어 왔으나 같은 종류의 Ethylene Oxide Adduct (EOA)라 해도 분자량 분포가 다르면 화학적 물리적 성질이 차이가 나게 되어 계면활성에 많은 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.

Long chain 알코올의 EO 부가 반응식 (1)은 다음과 같다.



EOA에 있는 ether linkage의 산소가 물과 수소결합을 할 수 있기 때문에 친수성을 띄고 R group은 소수성을 갖고 있어서 EOA가 계면활성 효과를 갖는 것은 이미 잘 알려져 있다. 알칼리 촉매를 사용해 만들어진 EOA는 EO가 부가된 만큼의 정확한 분자량을 갖는 생성물 외에 저분자량 부터 고분자량의 생성물들을 갖고 있다. 이 때에 EOA가 넓은 범위의 분자량 분포를 갖고 있는 것은 다음과 같이 알코올에 Ethylene Oxide가 알칼리

축매하에서 반응할 때 반응물중에 있는 알코올과 ethoxylate된 alcohol 사이의 acidity 차이로 설명된다.



Ethoxylate된 알코올의 acidity가 알코올보다 약간 크기 때문에 위 반응에서 평형은 오른쪽으로 이동되고 따라서 미반응 알코올과 ethoxylated alkoxide의 농도가 증가하게 된다. Ethoxylate된 알코올의 acidity가 커서 EO와 더 빨리 반응하기 때문에 계속 부가되는 EO는 미반응 알코올보다 ethoxylate된 알코올과 빨리 반응하게되어 결과적으로 고분자량의 EOA가 생성되고 미반응 알코올은 계속 남아 있게 된다. GC나 HPLC를 이용해 EOA를 분석해보면 저분자량의 EOA부터 고분자량의 EOA까지 나타난다 (그림 1). 이러한 이유로 EO 부가 mole수가 작은 경우에는 1 mole의 EO가 부가된 것보다 반응 하지 않고 남아있는 알코올의 양이 많을 때도 있다. 보통은 EO 부가 mole수가 증가할수록 미반응 알코올 양은 감소한다.

### C12 Alcohol + 3 EO

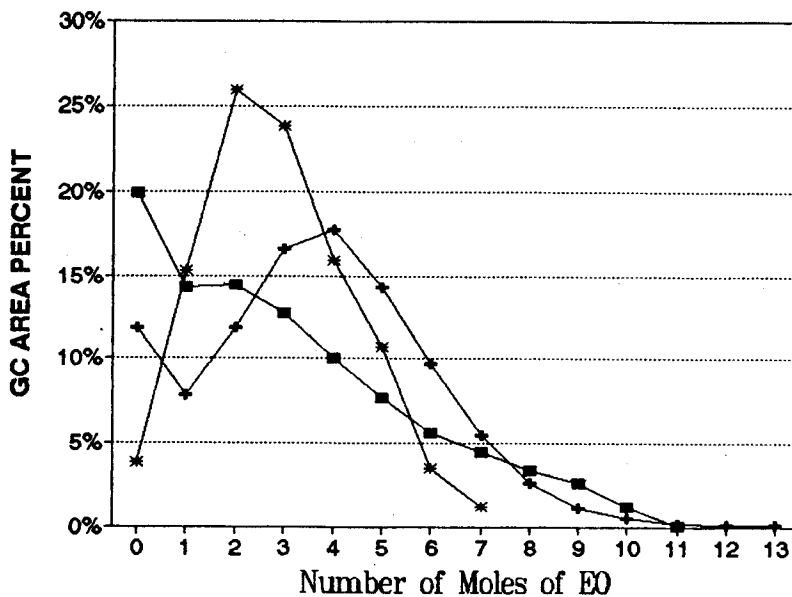
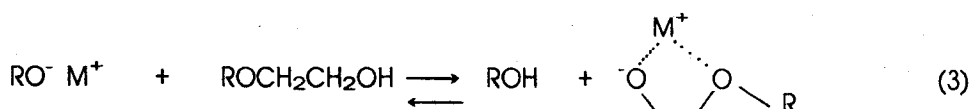


그림 1. EOA의 분자량 분포

촉매로 알칼리 금속계열인 LiOH부터 CsOH까지 바꾸어가면서 실험해보면 알칼리의 base strength 가 커짐에 따라 EOA의 분포가 좀더 좁아지는 경향을 보이는데 이는 강한 base를 쓸수록 알코올과 ethoxylated된 알코올 사이의 acidity 차이가 상대적으로 적어지기 때문으로 해석된다. 따라서 KOH 같은 강한 base가 주로 생산시에 사용된다. 위와 같은 acidity mechanism은 후에 계속된 연구로 수정되었다.

촉매에 대해 계속된 연구중에 알칼리 대신 alkaline earth metal hydroxide를 사용하면 분자량 분포가 더 좁은 EOA를 만든다는 사실이 밝혀졌다. Ca(OH)<sub>2</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>, Sr(OH)<sub>2</sub> 같은 alkaline earth metal hydroxide가 alkali metal hydroxide보다 base strength가 더 약하기 때문에 acidity mechanism으로는 설명할 수 없었다. 이것은 그 당시 예측 못했던 결과로 다음과 같이 알칼리 토금속과 alkoxide 음이온 사이의 상호작용도 고려해야 된다는 것이 일부 연구진에 의해 제안되었다.



이 mechanism에 따르면 알칼리 금속의 경우에는 위와 같이 +1가의 알칼리 금속이온과 alkoxide 음이온 사이의 interaction이 있게 된다. Ether linkage에 있는 산소가 lewis base이므로 금속이온과의 약한 interaction이 있을 수 있다. 한편 알칼리 토금속은 +2가의 전하를 갖기 때문에 두개의 alkoxide 음이온 알칼리 토금속 이온 주위를 둘러쌀 수 있다. 이때 R group이 매우 크기 때문에 양이온과 ether linkage에 있는 산소사이의 interaction이 더 작아지게 되고 평형이 오른쪽으로 이동되는 정도가 낮아진다. 따라서 미반응 alcohol의 alkoxide 농도가 상대적으로 높아져 반응 기회가 많아지게 되어 분자량 분포가 좁은 EOA가 생성된다. 분자량 분포를 분석해보면 그림 2. 에 나타난 바와 같이 대칭적인 형태를 보이고 미반응 알코올과 저분자량 및 고분자량의 EOA 함량이 종래의 EOA에 비해 매우 낮은 것을 알 수 있다.

이와 같은 연구결과후에 여러 가지의 촉매들이 등장하였는데 IA, IIA, IIIB, 그리고 lanthanide 족에 이르는 여러 금속원소들을 포함하는 base 촉매가 특허문헌에 언급되어 있다. 단일 물질이나 여러 복합물질을 촉매로 사용하는데 목적과 반응 방법에 따라 장단점이 있으며 공정 여건도 고려해야 한다. 분자량 분포가 좁은 EOA(Narrow Range EOA

; NRE)와 종래의 분자량 분포가 넓은 EOA (Broad Range EOA ; BRE)의 차이점은 단순히 분자량 분포차이에만 그치지 않고 계면활성제에도 다른 점을 보이고 있어서 이를 이용한 응용이 계속되고 있다. 비이온 계면활성제로 EOA를 사용할 경우에 NRE가 BRE에 비해 여러 장점이 있는데 성능 (performance), 제조 (processing), 배합 (formulation)에서 종래의 BRE에 비해 우수한 점이 많다.

새로 개발된 촉매를 사용해 만들어진 NRE의 경우에는 현재 최대  $n \pm 2$ 를 90% 정도까지 만들 수 있다. 두가지 EOA의 서로 다른 점은 그림 1 에서 보는 바와 같이 미반응 알코올, 저분자량과 고분자량 EOA의 함량에 차이가 있음을 쉽게 알 수 있다. 이러한 차이는 EO를 같은 알코올에 각각 3, 7, 11 mole씩 부가한 결과를 보면 더 자세히 나타나는데 일반적으로 EO 부가 mole 수가 많을수록 EO 부가 반응 과정의 통계적 성질에 따라 분자량분포는 BRE나 NRE에서 똑같이 넓어지는 경향이 있다 (그림 2). 같은 cloud point를 갖는 BRE와 NRE의 EO 함량을 비교해 보면 NRE의 EO 부가몰수가 더 적은데 이는 NRE 중에 미반응 알코올이나 저분자량의 EOA 함량이 낮기 때문이다.

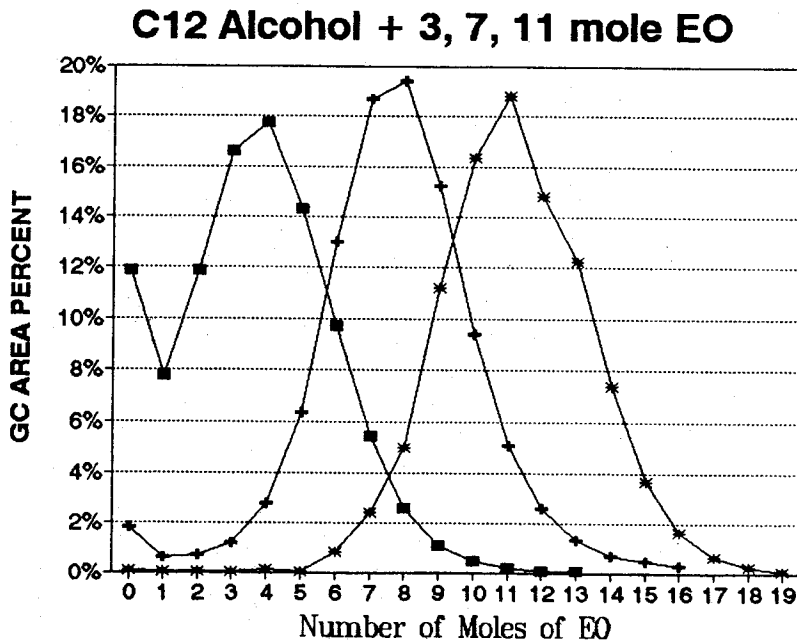


그림 2. EO 부가 mole수에 따른 분자량 분포

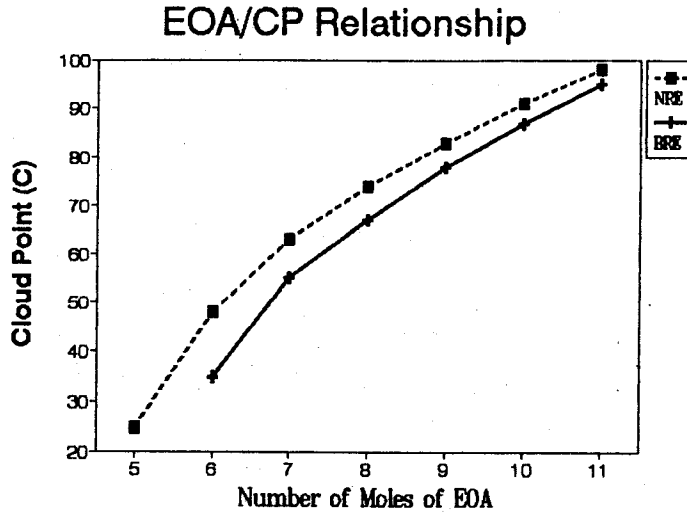
NRE가 BRE에 비해 다른 점은 다음과 같다.

- ① 미반응 알코올의 감소 : 미반응 알코올은 EO 부가량이 많을수록 감소한다. 알코올 성분이 적어지기 때문에 냄새가 감소한다. 분말세제 제조에 spray-dry 공정법을 사용하는 경우 휘발성이 높은 성분의 감소로 plume이 줄어든다.
- ② 저분자량 EOA homolog의 감소 : EOA의 물에 대한 용해도는 EO 부가 량에 직접 비례한다. 물에 잘 녹지 않는 저분자량의 EOA 농도가 적기 때문에 물에 대한 용해도가 높다. 이것은 액체세제 제조시 비이온 계면활성제 EOA 함량을 높일 수 있다는 것을 의미한다.
- ③ 고분자량 EOA homolog의 감소 : EOA의 구조를 보면 ethylene ether 사슬이 길게 펼쳐져 있는 zig-zag 형태와 구부러져 있는 meander 형태 두가지로 존재한다고 한다. EO가 9 mole 이상 부가되면 에너지적으로 안정한 meander 형태가 증가 하면서 비중이 증가한다. 따라서 EO 부가 량이 많을수록 meander 형태가 증가해 녹는점이 높아진다. NRE에는 고분자량의 homolog 농도가 적어 상대적으로 녹는점이 낮다. EO 길이가 길수록 물분자와 수소결합 기회가 많아져 수용액의 점도가 증가하는데 NRE 수용액은 점도가 낮은 효과가 있다.

## 2. 화학적 물리적 성질에 미치는 EO 분포의 영향

### 2-1. 같은 cloud point를 갖는 NRE와 BRE의 비교

미반응 알코올이나 저분자량의 EOA가 적다는 것은 어떤 주어진 cloud point를 갖는 EOA를 만들기 위해 사용되는 EO의 양이 상대적으로 적어도 된다는 것을 의미한다. 분자량과 EO 몰수를 cloud point에 대해 도시해보면 그림 3 에 나타난 바와 같이 cloud point가 증가할수록 분자량 차이는 감소함을 볼 수 있다. 이것은 EO가 10 mole 이상 부가 되면 물에 잘 녹지 않는 저분자량의 EOA가 줄어들기 때문이다. 계면활성제는 일반적으로 무게비로 사용됨으로 NRE가 BRE에 비해 유리하다. 즉 어떤 주어진 cloud point에서 NRE에는 단위 무게당 더 많은 mole 수의 유효 EOA가 존재한다.



그 립 3. EO 분포와 Cloud Point의 관계

미반응 alcohol과 낮은 mole수의 EOA가 줄어들어서 나타나는 또 다른 현상으로는 EO가 5 mole 부가된 NRE가 포함된 용액은 cloud point 아래에서 뚜렷이 용액 이 맑아지나 BRE에서는 뚜렷하지 못한 점이 관찰된다. 이것은 비교적 낮은 cloud point를 갖는 EOA를 이용한 제품을 제조할 때 NRE가 BRE보다 좋다는 것을 말해준다. 예를 들어 C<sub>12</sub> alcohol에 EO가 5mole 부가된 계면활성제는 oily soil의 제거에 매우 좋은 성능을 발휘한 다는 것이 잘 알려져 왔었지만 종래의 BRE는 미반응 알코올이나 저분자량의 EOA가 많아 formulation과 성능에 문제가 있어 실제 사용되기 어려웠으나 NRE를 사용하면 이런 문제가 없다.

## 2-2 Pour Point

NRE가 BRE에 비해 비교적 균일한 분자량 분포를 갖고 있고 저분자량의 EOA가 없어서 pour point가 BRE 보다 높을 것으로 생각될 수 있겠지만 BRE는 높은 분자량의 EOA를 포함하고 있어 이 효과가 상쇄된다. 그림 4 에서 보는 바와 같이 25~85℃ 범위의 cloud point를 갖는 EOA를 비교 해보면 NRE의 pour point가 BRE 보다 낮다. 85℃ 이상에서 역전현상이 보이는 것은 EO 부가량이 증가함에 따라 NRE 가지고 있는 장점을 잃어버리기 때문으로 추측된다. 실제 적용시 pour point 가 낮을수록 제품의 제조에 여러 가지 이점이 있다.

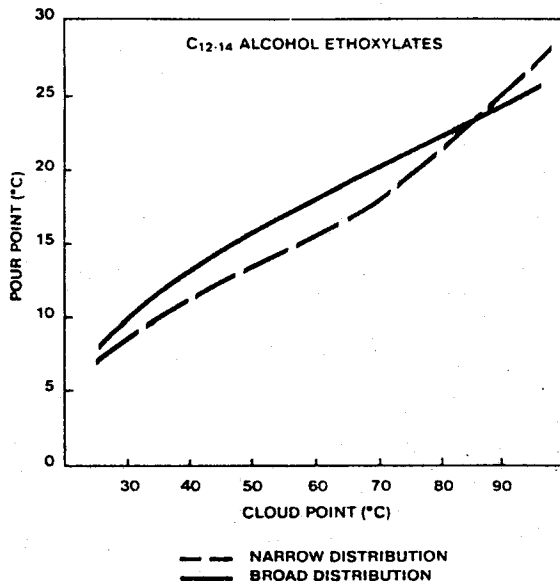


그림 4. Pour Point와 Cloud Point의 관계

### 2-3 Aqueous Viscosity

비이온 계면활성제를 이용해 제품을 만들 때 중요한 성질중의 하나가 aqueous viscosity이다. 비이온 계면활성제의 농도가 높을수록 점도는 증가한다. 반면에 그림 5에 나타난 바와 같이 같은 농도에서 EO 부가몰수가 증가할수록 aqueous viscosity가 감소하는 현상을 보이는데 EO 부가 mole수가 같은 NRE와 BRE를 비교해보면 aqueous viscosity는 NRE쪽이 BRE보다 낮다. 이것은 계면활성제를 이용한 제품을 만들 때 농도를 더 높일 수 있다는 것을 의미하고 또한 낮은 온도에서 유동성이 요구되는 경우에 적용될 수 있는 장점이 있다.

### Viscosity of C12 + 6.5 EO (25 C)

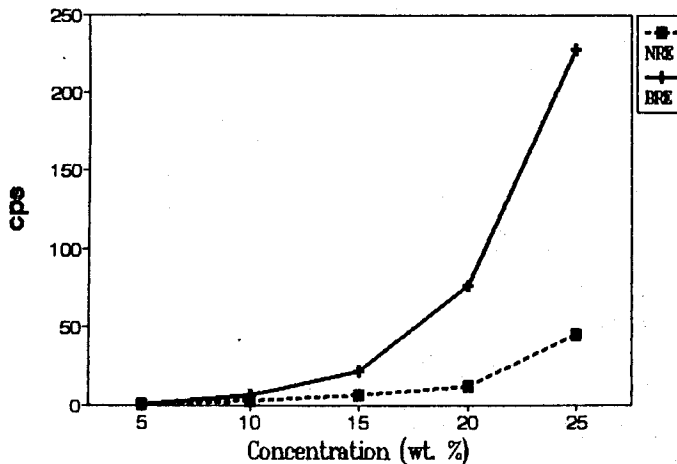


그림 5. 농도에 따른 Aqueous Viscosity



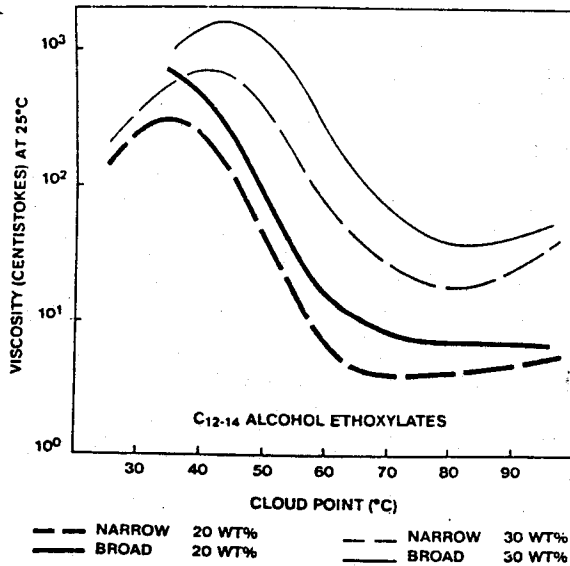


그림 6. Cloud Point에 따른 Aqueous Viscosity

## 2-4 Foaming

기포성은 널리 알려진 Ross-Miles 방법에 의해 서로 비교된다. EO 분포가 기포성에 미치는 영향을 50 C 에서 측정해서 초기와 5분 후의 기포높이를 EOA의 부가물수에 대해 도시해보면 그림 7. 과 같은 결과가 나온다. 그림 8.은 25 C에서 초기 기포높이를 측정한 것이다. 여기서 SPE는 단일 분자량의 EOA를 말한다. 즉 SPE에 비슷할 수록 EOA의 분포가 그만큼 좁다는 것을 의미한다. 초기 기포높이를 살펴보면 NRE가 BRE에 비해 약간 높은 경향을 보이는데 이는 BRE에 있는 저기포성인 EO 길이가 짧은 EOA가 물/공기 면에 흡착되기 때문이라고 해석 된다. EO 분포에 상관없이 분자량이 증가할수록 초기 높이는 증가하고 특히 실험온도를 50℃로 했을 때 cloud point가 50℃인 계면활성제의 초기 높이가 급격히 증가했음을 볼 수 있다. 농도, 온도, 사용하는 물의 경도등 실험조건을 바꾸어도 같은 결과가 나타난다고 알려져있다.

기포안정성 면에 있어서는 50℃ 이상에서 NRE가 BRE에 비해 현저히 낮은 것을 볼 수 있다 (그림 7.). 이 현상에 대해 현재 만족할 만한 설명은 없으나 BRE의 경우 분자량 분포가 넓어 interfacial film 사이의 Strain을 경감시키는 효과가 있지 않을까 하는 해석도 있다. 그렇지만 대부분의 household 제품 사용시 기포안정제나 기포력이 높은 음이온계가 같이 들어있기 때문에 이러한 기포성의 차이는 실제 중요하지 않다. 그렇지만 기계적인 에너지가 높고 계면활성제 사용량이 많은 textile wet-process나 deinking process에서는 NRE 사용이 장점도 될 수 있다.

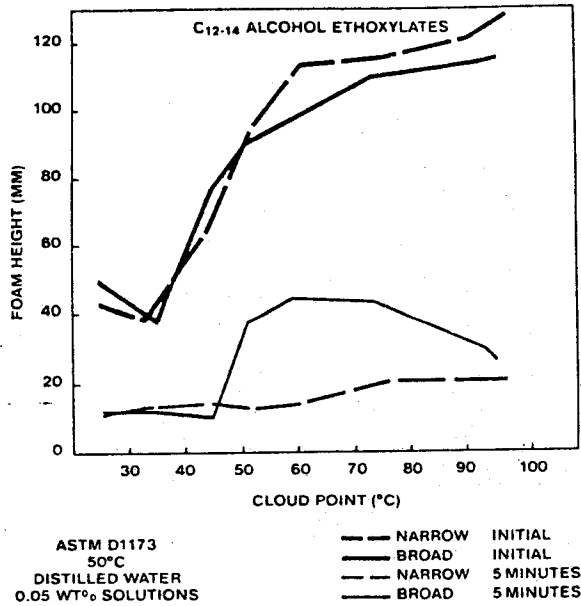


그림 7. Cloud Point에 따른 기포의 높이

한편 SPE, NRE 그리고 BRE를 비교해보면 다음 그림 8.과 같다.

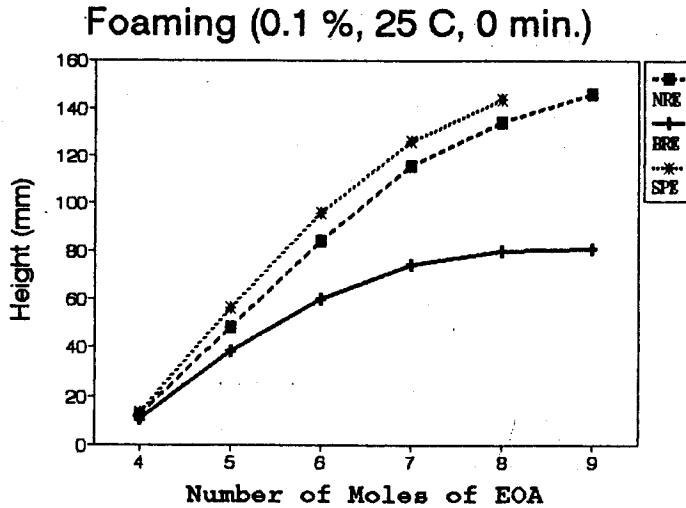


그림 8. EO 부가량에 따른 비교

## 2-5 Wetting

비이온 계면활성제의 또 다른 중요한 성질로 섬유에의 습윤성이 있다. draves 시험은 cotton skein이 각각 5초와 20초 후에 완전히 wetting 되는 계면활성제의 농도를 나타내는데 시험 결과를 보면 그림 9에서 보는 바와 같이 cloud point가 40~70℃ 범위일 때 NRE의 wetting성이 BRE보다 더 좋다. 또한 농도가 낮을수록 NRE의 wetting 효율이 좋음을 보여준다. 이와 같이 NRE가 BRE에 비해 wetting 효율이 높은 것은 이미 서술한 바와 같이 어떤 EO 범위안에 있는 EOA가 단위 무게당 mole 수의 함량이 높기 때문이다. 이러한 효율은 상대적으로 많은 계면활성제를 사용해 빨리 wetting 시켜야 되는 곳에서는 원가 절감할 수 있다는 사실과 직결된다. C12 알코올에 EO가 6.5mole 부가된 EOA가 wetting성이 제일 좋으며 NRE가 BRE에 비해 더 좋다.

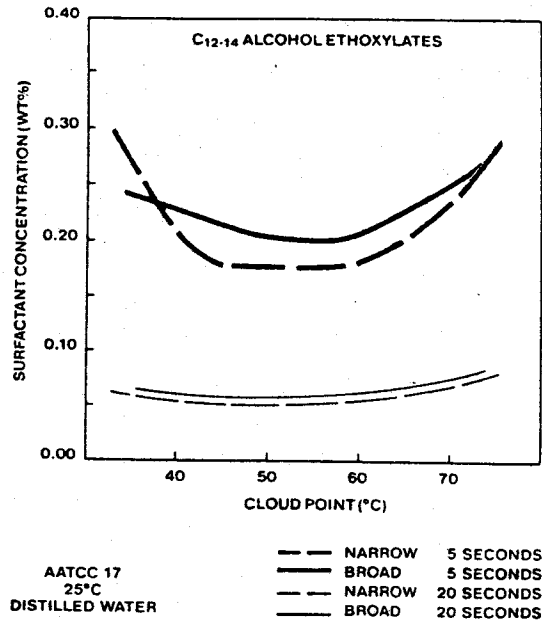


그림 9. EOA 분포에 따른 Wetting 효율

## 2-6 Surface Tension

계면활성제의 능력은 두말할 나위 없이 표면장력으로 나타낸다. 표면장력과 cloud point 사이의 관계는 그림 10에 나타난 바와 같이 EO 부가몰수가 증가할수록 즉 cloud point가 증가할수록 EO 분포에 관계없이 표면장력은 증가하고, 같은 EO몰수를 갖는 경우 NRE의 표면장력이 BRE보다 낮다. 비이온 계면활성제의 또 다른 중요한 능력은 고체/

액체 간의 계면장력(interfacial tension) 으로도 비교된다. 직접측정할 수는 없어도 접촉각(contact angle)을 통해 고체와 액체 간의 adhesion tension을 측정해 비교할 수 있다. polyester와 계면활성제 용액 사이의 adhesion tension을 NRE와 BRE 각각의 경우에 있어서 비교해보면 이때에도 surface tension에서와 같은 경향을 나타낸다.

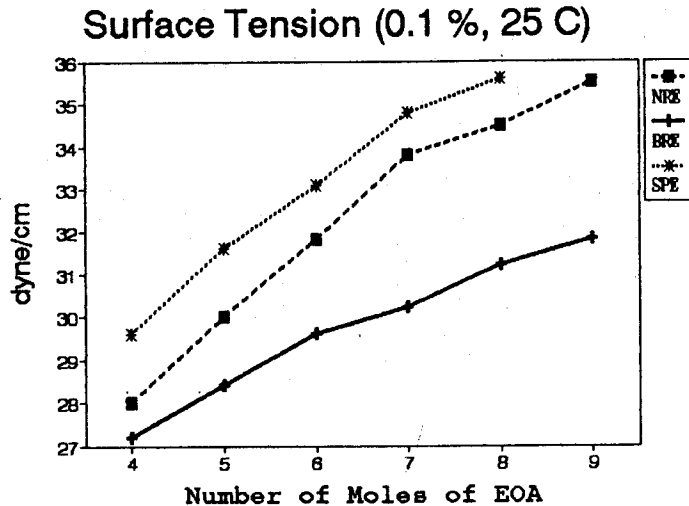


그림 10. EOA 분포에 따른 Surface Tension

이러한 결과를 세정작용에서 nonpolar oily soil의 roll-up mechanism과 관련시켜보면 NRE의 adhesion tension이 BRE보다 크고 따라서 접촉각( $\cos \theta = W/S$ )이 증가하게 되어 polyester로부터 nonpolar oil의 제거에 보다 더 효과적임을 알 수 있다. 세정에서는 에과 물사이의 interfacial tension, cloud point, 시간, 온도, 계면활성제의 농도 등이 실제 적으로 중요한 요인들이다.

Paraffin oil과 비이온 계면활성제 EOA가 포함된 용액사이의 interfacial tension을 보면 다른 비이온 계면활성제의 경우와 마찬가지로 cloud point가 증가할수록 interfacial tension 값은 증가하는 경향을 보이며 NRE가 BRE보다 낮은 값을 나타내는데 특히 EO 부가몰수가 적을수록 차이가 더 크다. BRE의 경우 작은 분자량의 EOA가 nonpolar한 paraffin oil에 녹아들어가고 상대적으로 큰 분자량의 EOA만이 수용액 중에 남게 되어 O/W interface에 흡착된다. 반면에 NRE는 BRE보다 저분자량의 EOA가 적어서 O/W

interface에 흡착될 수 있는 EOA가 상대적으로 많아지게 되어 더 효과적인데 EO 5 mole 이 부가된 BRE는 EO 7 mole 부가된 NRE와 같은 interfacial tension을 나타낸다는 사실로부터도 입증된다.

다음 O/W interfacial tension에 미치는 온도와 시간의 영향을 보면 BRE는 여러 종류의 EOA가 존재하기 때문에 평형(equilibrium)에 다다른 시간이 NRE에 비해 길다. (그림 11.) 또한 주어진 농도와 시간에서도 NRE가 매우 효과적으로 interfacial tension을 낮추어준다. 특히 cloud point에 가까울수록 비이온 계면활성제가 oil phase로 쉽게 이동된다는 기존의 연구결과와 일치함을 보여주고 있다. 한편, 농도에 따른 interfacial tension의 변화를 볼 때 0.01% 정도의 낮은 농도에서는 NRE가 BRE보다 더 큰 효과를 보이지만 0.1% 정도로 높아지면 차이가 많이 줄어든다. 높은 농도에서 NRE나 BRE가 비슷한 interfacial tension을 보이는 것은 농도가 높아짐에 따라 유효한 계면활성제의 양이 증가하면서 oil / water interface에 존재할 확률이 높기 때문으로 해석된다.

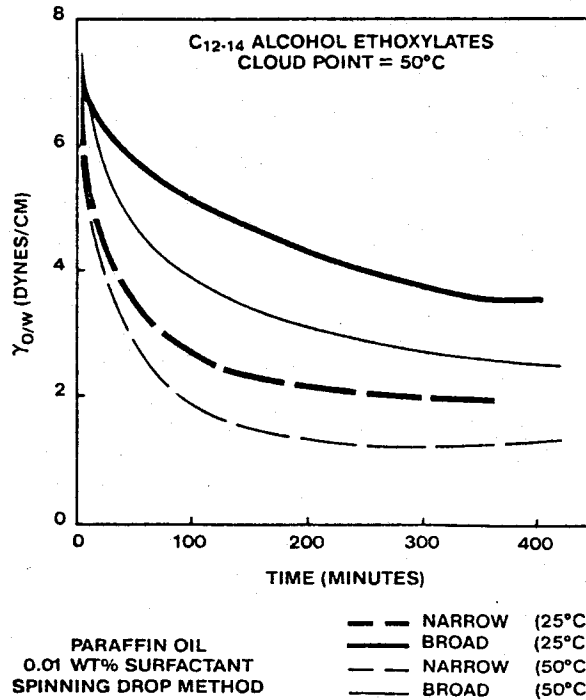


그림 11. 온도와 시간에 따른 Interfacial Tension 의 변화

## 2-7. Detergency

Terger-O-Meter를 이용해서 냉수에서의 세정효과를 보면 EO 분포에 상관없이 cloud point가 높은 것보다 낮은 것이 좋은데 이는 여러 연구를 통해 이미 알려진 사실과 일치하고 있다. 같은 EO 부가물수를 갖는 경우에는 NRE가 BRE보다 월등한 세정성을 보이

고 있다. 그렇지만 실제의 경우 Soil의 성질에 따라 다를 수 있고 formulation에는 비이온 계면활성제외에 여러 성분들을 포함하고 있기 때문에 전체적인 제품의 성능은 각 성분의 성능과 성분간의 상극성 그리고 synergistic 현상을 같이 고려해야 된다.

### 3. NRE의 응용

이상과 같이 NRE가 BRE에 비해 화학적 물리적으로 여러 우수한 점이 있기 때문에 비이온 계면활성제 EOA를 사용하는 여러 분야에서 NRE 사용의 이점이 많이 있다. 이들 중에는 앞서 설명한 내용을 포함해서

- 상대적으로 낮은 분자량
- 낮은 pour point
- 낮은 aqueous viscosity
- 낮은 nonpolar oil / water interfacial tension
- 세제 배합에서 낮은 haze 온도
- 유기용매와의 좋은 상용성
- 높은 flash point
- 높은 smoke point
- 제품의 균일성
- EO가 부가된 음이온성 계면활성제를 만들기 위해 sulfation이나 carboxylation용 중간체로 사용되는 경우 미반응 알코올이나 다른 부생성물이 적어서 매우 바람직하다.

\* 응용 분야 \*

#### 3-1. 농약분야

계면활성제는 유화제, 습윤제, 그리고 분산제 등의 목적으로 농약에 첨가된다. NRE는 더 효과적인 습윤성과 분산성을 가지고 있어 농약용 계면활성제로 뛰어나다. 또한 기포안정성이 낮아 기포가 많아 문제가 되는 경우에 소포 역할도 할 수 있으며 최종 제품의 수송시 기포발생을 줄일 수 있다. 농산물에 묻어있는 농약을 세척할 때도 습윤성이 좋으면서 기포가 적어 쉽게 씻어 낼 수 있다.

### 3-2. 향장 분야

이 분야는 수많은 성분들을 필요로 하는데 각각의 단일 성분을 보면 각자 마다 큰차이가 없다. 각 제품 마다 느낌, 점도, 투명도, 그리고 느낌등에서 매우 미묘한 차이가 있을 뿐이다. 가장 많이 사용되는 계면활성제는 음이온계(sulfate)인데 alkylether sulfate(AES)는 alkyl sulfate에 비해 자극성이 적어 많이 사용되고 있다. NRE에 sulfation 시켜 만든 AES는 낮거나 높은 분자량 의 부산물이 적어 모든 formulation에서 상용성, 투명성 그리고 저장 안정성을 향상시키는 장점 이 있다. 상용성이 보다 좋아짐에 따라 다른 첨가제나 용제의 선택 특히 넓어지고 그 결과 좀더 기능성과 경제성이 증가될 수 있다.

### 3-3. 세제분야

계면활성제가 가장 많이 사용되는 곳이 세제이다. 가정이나 산업체등에서 액체, 분말 그리고 페이스트 형태로 많이 사용되는데 주로 음이온 계면활성제를 기제로 하고 여기에 비이온 계면활성제와 여러 성분들이 목적이나 배합에 따라 첨가된다.

NRE는 처음 분말세제 공정상 필요에 의해 연구 되었다. 분말세제 제조법에 spray-dry, dry blend 그리고 agglomeration 공정등이 있다. 먼저 spray-dry법은 높은 온도를 필요로 하는데 첨가된 비이온 계면활성제 중에 미반응 알코올이나 저분자량의 EOA가 있다면 높은 온도에서 분사될 때 건조기에서 일부가 증발된다. NRE는 인화점이 높고 증발 감량이 적기 때문에 이런 단점도 없다. 따라서 전체 수율도 증가하고 공정중에 fume의 발생도 상당히 줄어든다. 다음 dry blend와 agglomeration에서는 빌더에 계면활성제를 흡착 시키는데 고분자량의 EOA는 흡착속도가 느리고 따라서 빌더 표면에 일부 남아있어서 서로 달라 붙게 한다. 반면 저분자량의 EOA는 유동성이 커서 흘러나와 포장박스를 오염시킬 수 있는데 NRE는 이런 단점을 없앨 수 있다.

액체세제 ; 액체세제의 용제는 두말할 나위 없이 물이다. 때에 따라 액체세제에 첨가하고자 하는 성분이 물에 잘 녹지 않는 경우가 있을 때 다른 용제를 쓸 수도 있다. 이 경우 용제는 세정력이나 점도 조절에 별도움이 되지 못한다. NRE 사용시 상용성의 증가로 용제 사용량을 줄이거나 사용치 않을 수도 있으므로 경제적이다. 또한 고분자량의 EOA가 적어서 저장시 분리 현상이 없다.

### 3-4. 유화제

에멀전을 만들 때 에과 물사이의 정확한 균형을 찾기 위해서는 한 종류의 계면활성제를 사용하기 보다는 여러 종류의 계면활성제를 섞어 사용하면 만족할 만한 결과를

얼는다. 비이온 계면활성제로 EOA를 사용할 경우 여기에 낮거나 높은 분자량의 EOA가 들어 있다면 HLB가 실제치에서 벗어날 수가 있어서 균형 잡기 힘들어진다. 그렇지만 EOA가 분자량 분포가 좁을수록 에과 물사이의 정확한 균형을 잡을 수가 있어서 선택성도 그 만큼 증가한다.

### 3-5. 기타

차량용 - 냉각수 : 냉각수는 ethylene glycol과 물에 여러 적당한 첨가제를 넣어 만들어진다. NRE는 보다 낮은 interfacial tension을 가지고 있어서 금속면과 균일한 wetting을 할 수 있어서 보다 효율적으로 열전달을 한다. 끓는점이 낮은 물질이 적어 점도가 낮고 고분자량 물질이 적어 분해에 의한 산화를 줄일 수 있다

·연료첨가제 : 극소량의 물을 첨가하면 내연기관의 효율이 높아진다. 물을 균일하게 연료에 분산시키기 위해 계면활성제로 NRE를 사용하면 고분자량의 EOA가 없어 유기 용제와의 상용성이 증가하고 연소후 엔진에 남는 물질이 없다는 장점이 있다.

·섬유용 윤활제 : 좋은 lubricant는 휘발성이 적고 가능한 점도가 낮은 것이 좋다. 대부분의 합성 섬유 공정이 고속화됨에 따라 고온에 견딜 수 있는 섬유유제(oiling agent)요 구된다. 윤활제는 휘발성과 스모크가 적어야 균일한 섬유를 얻을 수 있다. 여러 종류의 성분들로 ester, 오일, 대전방지제, 방청제, 산화방지제 등이 사용되는데 이들은 계면활성제의 EO 함량이 클수록 상용성이 떨어진다. 고분자량의 EOA가 적은 NRE은 이런 면에서 oiling agent에 들어가는 성분들과의 상용성이 좋으며 또한 점도가 낮다.

·금속 : NRE는 낮은 interfacial tension을 가지고 있어서 금속에 묻어 있는 oily soil의 제거에 좋다. 유기 용제와의 상용성이 좋아 용제형 금속세정제에 첨가된다. 전해청정 공정에서 금속 표면에서 발생하는 수소가 기포에 잘 포집 되지 않아 안전문제를 줄일 수 있다.