

## 양쪽성계면활성제의 유도체합성 및 계면성에 관한 연구(제7보)

—이미다졸린으로부터 유도된 양쪽성계면활성제의 세정성—

노윤찬 · 김태영 · 남기대

충북대학교 공과대학 공업공학과

## Syntheses and Surface Active Properties of Amphoteric Surfactant Derivatives(7)

—Detergency Performance of Amphoteric Surfactants Derived from Imidazoline—

Y. C. Ro, T. Y. Kim and K. D. Nam

*Dept. of Ind. Chem. Chungbuk Nat. Univ., Cheongju 360-763, Korea*

(Received January 3, 1995)

### ABSTRACT

Water pollution, which is caused by surfactants, is increased by insolubility and excessive uses of detergents. The detergency properties of nine kinds of amphoteric surfactants derived from imidazoline were investigated and compared with sodium lauryl sulfates(SLS) of petrochemical surfactant by using detergent formulations. Several physico-chemical properties were measured to investigate the effective factors on detergency.

From the comparison of these compounds with SLS, it was found that 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolium [IV] has the most outstanding characteristics of detergency and various fundamental properties. Therefore, this result is expected to do its environmental stability as a nonpolluting detergent.

Detergency process of surfactants were discussed in relation to physico-chemical treatments. Performance improvement on detergency is made work of adhesion to soil as small as possible. Therefore these results show that contamination is easily removed and industrial applications may be respected.

### I. 서 론

계면활성제의 세정성은 계면활성제가 세정성이라는 고유의 성질을 갖고 있는 것이 아니고 계면활성제의 흡착, 계면장력 저하능, 습윤, 유화, 분산기능이 복합적으로 이루어져 세정작용을 하므로써 나타나는 것이

다.<sup>1)</sup> 세정과정은 다양한 종류의 오염이 불규칙적으로 부착되어 있고 이것을 제거하기 위한 세정제의 조성파 세정방법에 따라 기질로부터 오염을 제거하는 모든 과정을 포함한다. 따라서 세정의 메카니즘은 세정에 대한 기본적인 개념과 세정과정을 세분화하여 나타나는 현상으로 설명할 수 밖에 없다.<sup>2,3)</sup>

오염의 종류는 고체입자오염과 유성오염(액체오

염)으로 크게 나눌 수 있으며 이들을 세정과정에서 기질로부터 제거하는 경우, 우선 고체입자오염은 계면전기적인 입장에서 DLVO(Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek theory)이론을 바탕으로 불균일 응집이론을 이용하여 설명할 수 있다.<sup>4~7)</sup> 유성오염의 제거에 대해서는 롤링업, 유화, 가용화의 3가지 메커니즘의 현상들이 단독 또는 동시에 일어난다고 볼 수 있다.<sup>3~7)</sup> 이 때의 세정과정은 열역학적인 접근으로 설명할 수 있고 이를 통해 세정효과를 비교함에 있어 보다 물리화학적인 관점으로부터 해석이 가능하게 되었다.<sup>8~10)</sup> 한편 세정제는 사용된 후 생활하수나 공장폐수를 통해 하천에 유입되므로 수질을 오염시킬 수 있으며 특히 계면활성제는 소수성 부분의 장쇄 알킬기를 갖는 유기물질로서 생분해성 등의 환경 안전성이 우수하여야 한다. 세정제의 목적으로 가장 많이 사용되는 계면활성제는 알킬벤젠술포산염이며 세계적으로는 연간 수 백만톤 이상이 소비되고 있지만 환경오염의 심각성으로 점차 사용이 금지되고 있다.<sup>11)</sup>

1970년대 2차에 걸친 오일쇼크 이래 석유원료보다 천연 원료로부터 제조된 계면활성제에 흥미가 있어 왔고 최근 화학물질의 환경에 대한 문제가 많이 거론되므로 생분해성이 빠르고 세정성이 우수한 계면활성제의 필요성이 한층 높아지게 되었다.<sup>12)</sup>

본 논문은 새로이 합성한<sup>13, 14)</sup> 양쪽성계면활성제의 9가지 동족체의 세정 특성을 현재 공업용 세정제로 사용하고 있는 sodium lauryl sulfate(SLS)와 각각 비교·검토하였다. 이 때의 세제조성은 가혹한 조건에 감내할 수 있는 세제조성모델(heavy-duty model)을 사용하였다.

## II. 실험방법

### 1. 물 질

본 연구에서 시료로 사용한 화합물은 다음과 같다.

[ I ] ; Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)-N'-(2-hydroxyethyl)aminoethyl] dodecanoyl amide

[ II ] ; Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl) dodecanoyl amide

[ III ] ; Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)-N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl] dodecanoyl amide

[ IV ] ; 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolinum

[ V ] ; 1-(2-sulfatdethyl)-1-methyl-2-undecyl-2-imidazolinum

[ VI ] ; 1-dioxylethylene methyl sulfonated-1-methyl-2-undecyl-2-imidazolinum

[ VII ] ; N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-(3-sulfonatedpropyl)ammonio]ethyl dodecanoyl amide

[ VIII ] ; Mono Sodium N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-disulfonatedpropyl ammonio]ethyl dodecanoyl amide

[ IX ] ; N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-(2-hydroxyethyl)-N'-(3-sulfonated propyl) ammonio]ethyl dodecanoyl amide

### 2. 세정력 실험

세정력 실험은 한국공업규격의 주방용 세제 세정력 평가방법<sup>15, 16)</sup>을 일부 변경하여 평가하였다.

세정제의 시료로는 본 연구실에서 합성한<sup>13, 14)</sup> 양쪽성계면활성제의 9가지 동족체로 그에 대한 세정 특성은 현재 공업적으로 사용하고 있는 sodium lauryl sulfate(SLS)와 heavy-duty 세정조성 모델을 사용하여 비교·검토하였다.

세정력 실험은 Fig. 1에 나타난 Terg-o-Tometer (U. S., Testing co., Hoboken, NJ.)를 사용하였다. 일정농도를 갖는 세제용액 900mL를 세정관에 넣고 교반속도 120rpm, 세정시간 10분, 온도 15±1°C, 액체비율 30:1, 헹굼 시간 10분씩 2회로 하여 실험포를 12시간 건조시킨 후 그 반사율을 Reflectance meter (Japan, Denshoku Kogyo co., Ltd.)를 이용하여 측정하였다. 세정능은 다음과 같이 Keibelka-Munk식<sup>17)</sup>을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Detergency}(\%) = \frac{[(K/S)_{\text{soiled}} - (K/S)_{\text{washed}}] / (K/S)_{\text{soiled}} - (K/S)_{\text{initial}}}{K/S} \times 100$$

$$K/S = (1 - K/100)^2 / (2R/100)$$

R : reflectance  
 K : extinction coefficient  
 S : scattering coefficient

이때 실험포는 한국공업규격 세정평가 방법<sup>16)</sup>에 의하여 아래와 같은 인공오염을 패딩(padding)하여 사용하였다. 인공오염의 조성은 올레산 28.3%, 트리올레인 15.6%, 콜레스테롤 올레이트 12.2%, 파라핀액 2.5%, 스쿠알렌 2.5%, 콜레스테롤 1.6%, 단백질 7.0%, 카본블랙 0.5% 그리고 점토 29.8%이었다.

3. 점토에 대한 계면활성제 흡착량의 실험

인공오염 중 점토에 대한 계면활성제의 흡착량을 측정하기 위하여 4종의 일정농도를 갖는 시료의 계면활성제 용액에 3시간 동안 점토(0.4wt.%)를 넣고 교반하였다. 이때 점토에 흡착된 계면활성제의 양은 실험 전, 후의 계면활성제의 차이를 Orange II법을 사용하여 정량하였다.

Orange II법

- 200mL의 분액깔대기에 시료용액을 적당량 넣는다.
- pH 1의 완충 용액 10mL와 orange II 용액 30 mL를 가하여 혼합하고 클로로포름 20mL를 가하고 3분간 완전히 혼합한다.

- 약 15분간 방치 후 아랫층을 분리하여 50mL의 용량 플라스크로 옮긴 후 클로로포름으로 표시선까지 채워 희석한다.
- 앞서와 같은 방법으로 공시험을 행하고 시료와 공시험액의 흡광도를 측정한다.
- 미리 작성한 검량선으로부터 양쪽성 계면활성제의 함유량을 구한다.

계산 : 양쪽성 계면활성제의 함유량(ppm) = A/W  
 A : 검량선으로부터 구한 양쪽성 계면활성제의 양(ppm)  
 W : 시료 채취량(g)

4. 오일 성분의 제타 포텐셜 실험

인공오염 성분 중 오일성분에 대한 계면활성제의 흡착량을 측정하기 위하여 4종의 계면활성제 농도에 따른 오일성분 0.04wt%를 유화시키고, 25±1.0°C에서 10mV/cm의 포텐셜 구배를 가하여 제타포텐셜을 측정하였다. 이때 사용한 측정기기는 Zetameter-3.0+를 사용하였다.

5. 오일 성분 오염의 유화능 측정

1L 용량의 비이커에 계면활성제 일정농도 용액 900 mL를 넣은 후 인공오염성분 중 오일성분 2g을 첨가하고 5분 동안 유화기(homogenizer)내에서 유화시킨

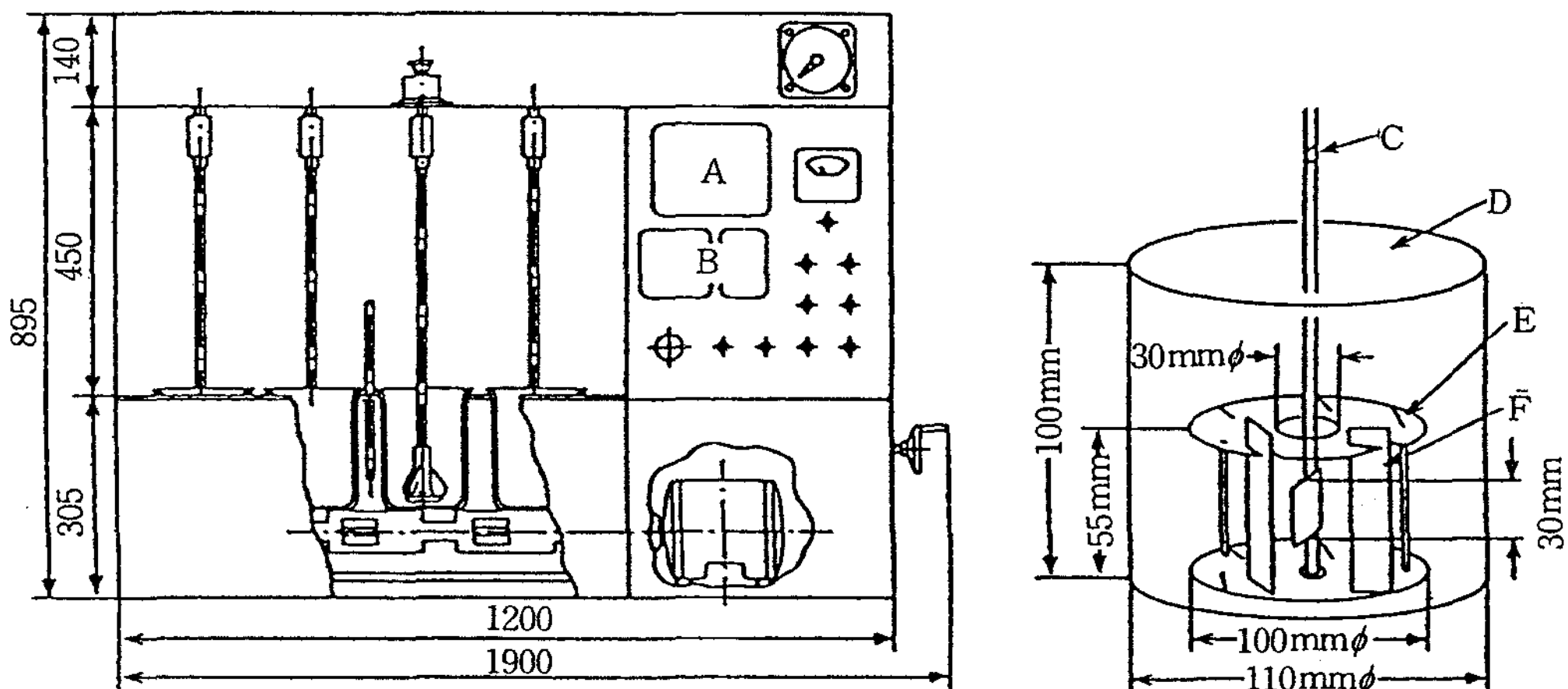


Fig. 1. Apparatus for the detergency (Terg-O-Tometer).

A : Thermo controller, B : Timer  
 C : Agitator D : Washing tank  
 E : Holder F : Slide glass

다. 3시간 동안 방치한 후에 입자분포를 자동 입자분석기(Horiba Capa-500)를 이용하여 측정하였으며 10 $\mu$ m이하 입자의 백분율로 산출하였다.

Denshoku sig ma 80~2)를 사용하여 측정하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

#### 6. 기름성 오염의 가용화능 측정

인공오염 조성 중 올레산의 가용화량을 측정하기 위하여 25 $\pm$ 1.0 $^{\circ}$ C, 각 계면활성제 5~20mM 농도범위의 300mL 수용액에 올레산 0.3g을 넣고 유화기를 4000 rpm, 20분간 교반한 후 투광도를 색도 비교기(Japan

#### 1. 세정력

본 실험에서 세정력을 검토함에 있어 다양한 세정조건하에서의 세정력에 대하여 비교·검토하였다. Heavy duty 세제의 주요 구성성분으로서 본 연구에서 합성한 9종의 동족체와 SLS의 성능을 비교·검토하였

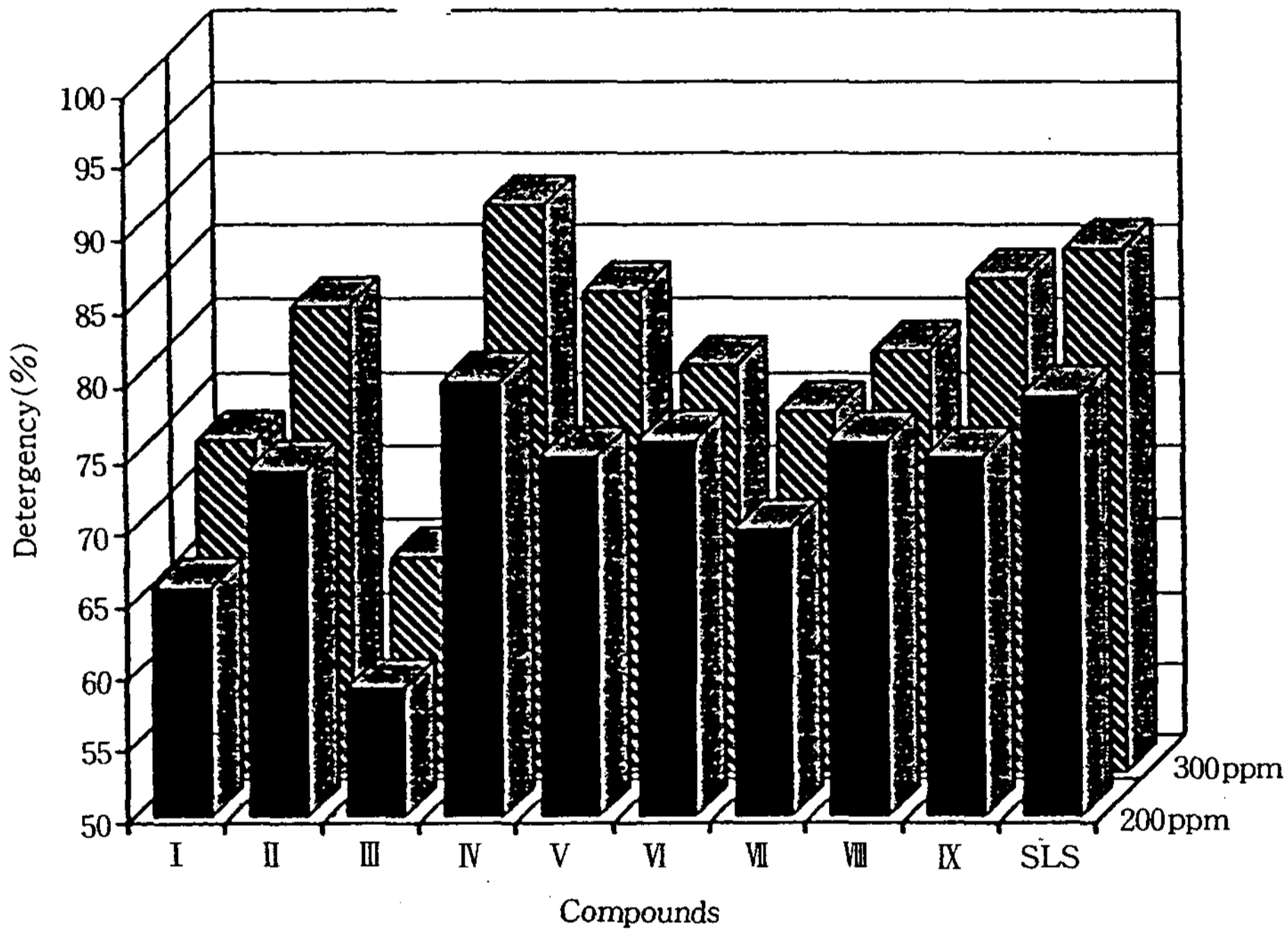


Fig. 2. Detergency for artificial soil(cotton) at 25 $^{\circ}$ C.

Concn. of surfactant : ■ : 200, ▨ : 300ppm  
 Lique ratio : 30%                      Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 135ppm  
 Water hardness : 54ppm(CaCO<sub>3</sub>)      Silicate : 135ppm

- [ I ] : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)-N'-(2-hydroxyethyl)aminoethyl] dodecanoyl amide
- [ II ] : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl) dodecanoyl amide
- [ III ] : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)-N'-(2-carboxyethyl) aminoethyl] dodecanoyl amide
- [ IV ] : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolinum
- [ V ] : 1-(2-sulfatedethyl)-1-methyl-2-undecyl-2-imidazolinum
- [ VI ] : 1-dioxylethylene methyl sulfonated-1-methyl-2-undecyl-2-imidazolinum
- [ VII ] : N-[N'-(2-hydroxy ethyl-N'-(3-sulfonatedpropyl) ammonio)]ethyl dodecanoyl amide
- [ VIII ] : Mono sodium N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-disulfonatedpropyl ammonio] ethyl dodecanoyl amide
- [ IX ] : N-[N'-(2-hydroxyethyl-N'-(2-hydroxypropyl)-N'-(3-sulfonated propyl) ammonio] ethyl dodecanoyl amide
- SLS : Sodium lauryl sulfate

다. 9종의 동족체는 세정력에서 고려되어질 구조적인 특성이 있기 때문에 이 동족체에 대한 세정성능을 여러 가지 세정조건하에서 측정하였다.

결과치를 명확하게 하기 위하여 sequestering 증점제를 포함하지 않는 전형적인 알카리 증점제 2종과 54 ppm CaCO<sub>3</sub>을 함유한 단순모델 세제용액이 사용되었다. 우선 세정능에서 9종의 화합물에 대한 세정력 변화를 경수조건에서 측정한 결과를 Fig. 2, 3에 도시하였다. Fig. 2, 3에서 보는 바와 같이 여러 화합물 중에

서 술폰화 이미다졸린 화합물[IV]가 가장 우수한 세정력을 나타냈으며 그 다음은 음이온계면활성제인 SLS이었다. 카르복시화 아미드 유도체의 경우는 화합물[II], 술폰화 또는 황산화 아미드류의 경우는 화합물[IX]가 우수하였다. 또한 Fig. 4에서 보는 바와 같이 술폰화 이미다졸린 화합물인 [IV]는 액체의 비율이 증가함에 따라 세정력이 증가함을 보여 주었는데 이것은 화합물[IV]가 낮은 기계적 작동에서도 좋은 세정 효율을 갖는다는 것을 뜻한다.

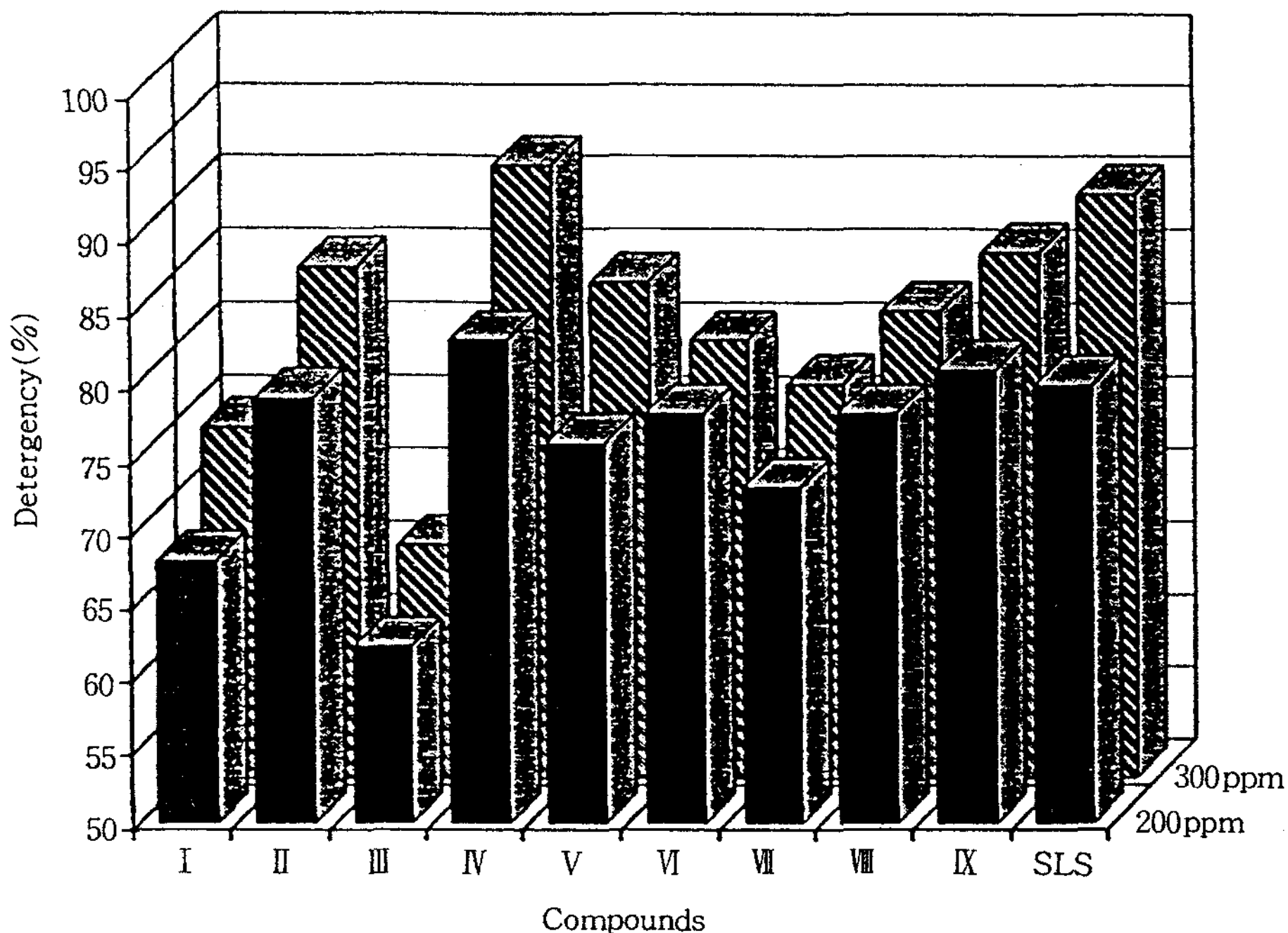


Fig. 3. Detergency for artificial soil(PE/cotton) at 25°C.

Concn. of surfactant ; ■ : 200, ▨ : 300ppm  
 Lique ratio : 30%                      Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 135ppm  
 Water hardness : 54ppm(CaCO<sub>3</sub>)      Silicate : 135ppm

- [ I ] : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)-N'-(2-hydroxyethyl)aminoethyl] dodecanoyl amide
- [ II ] : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl) dodecanoyl amide
- [ III ] : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)-N'-(2-carboxyethyl) aminoethyl] dodecanoyl amide
- [ IV ] : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolinum
- [ V ] : 1-(2-sulfatedethyl)-1-methyl-2-undecyl-2-imidazolinum
- [ VI ] : 1-dioxylethylene methyl sulfonated-1-methyl-2-undecyl-2-imidazolinum
- [ VII ] : N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-(3-sulfonatedpropyl) ammonio]ethyl dodecanoyl amide
- [ VIII ] : Mono sodium N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-disulfonatedpropyl ammonio]ethyl dodecanoyl amide
- [ IX ] : N-[N'-(2-hydroxyethyl)-N'-(2-hydroxypropyl)-N'-(3-sulfonated propyl) ammonio] ethyl dodecanoyl amide
- SLS : Sodium lauryl sulfate

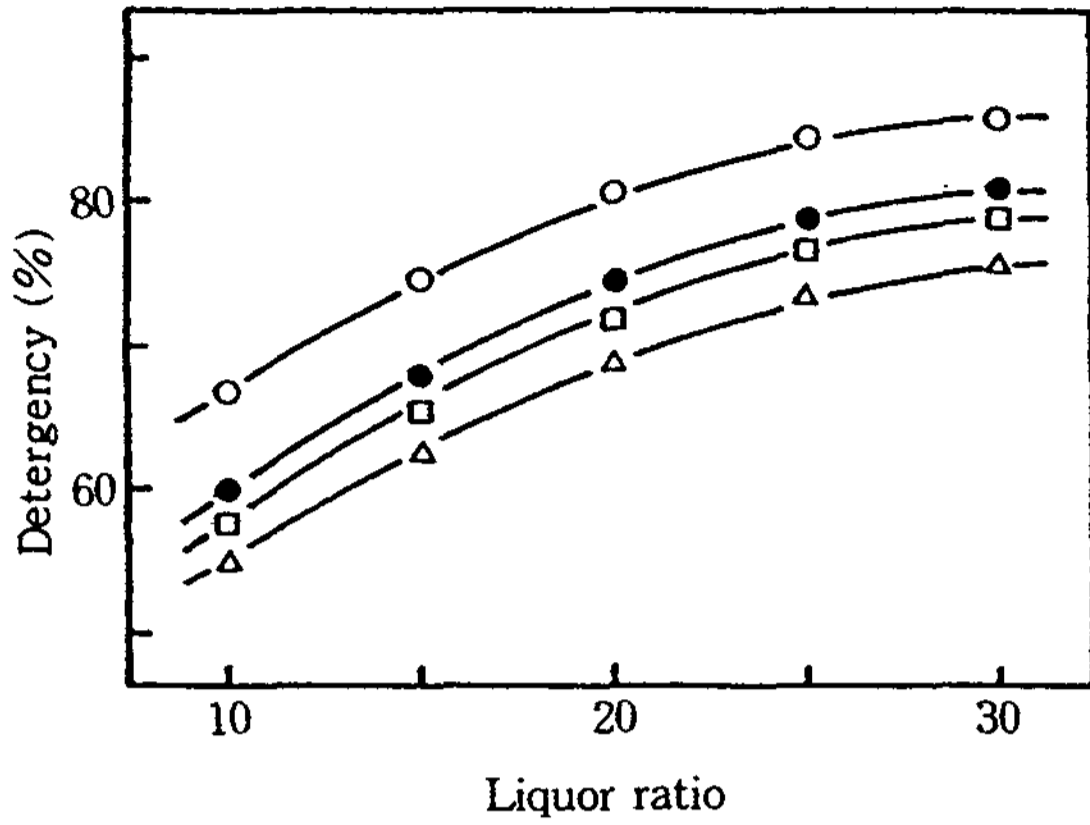


Fig. 4. Effect of liquor ratio on detergency onto artificial soil at 25°C.

Water hardness : 54ppm(CaCO<sub>3</sub>),  
Surfactant : 270ppm, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 135ppm  
Silicate : 135ppm

- : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolium[IV]
- : SLS(sodium lauryl sulfate)
- : N-[N'-(2-hydroxyethyl-N'-(2-hydroxypropyl-N'-(3-sulfonatedpropyl)ammonio)] ethyl dodecanoyl amide[IX]
- △ : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl)dodecanoyl amide[II]

### 2. 점토에 대한 계면활성제 흡착량

각각의 유도체들 중에서 가장 세정력이 좋은 카르복시화 아미드 유도체 화합물[II], 술폰화 이미다졸린 화합물[IV], 술폰화 아미드 화합물[IX]에 대한 오염에서의 분산 및 가용화 실험 등을 SLS와 비교하였다. 이들은 모두가 세탁 과정에서 오염에 직접적인 영향을 주는 요소들로 본다.

먼저 점토를 이용하여 계면활성제의 흡착을 조사한 결과가 Fig. 5이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 화합물[II], [IX]의 흡착력은 SLS와 비슷하였고 화합물[IV]의 흡착력은 높은 결과를 가져왔으며 이것은 수용성 분산계의 안정도에 좋은 효과를 준다는 것을 알 수 있다.

### 3. 오일 성분의 제타 포텐셜

기름에서의 계면활성제 흡착량 측정은 유화가 진행됨에 따라 기름방울의 비표면적이 변화하기 때문에 수용성 계면활성제 용액에서는 분산된 기름방울의 제타

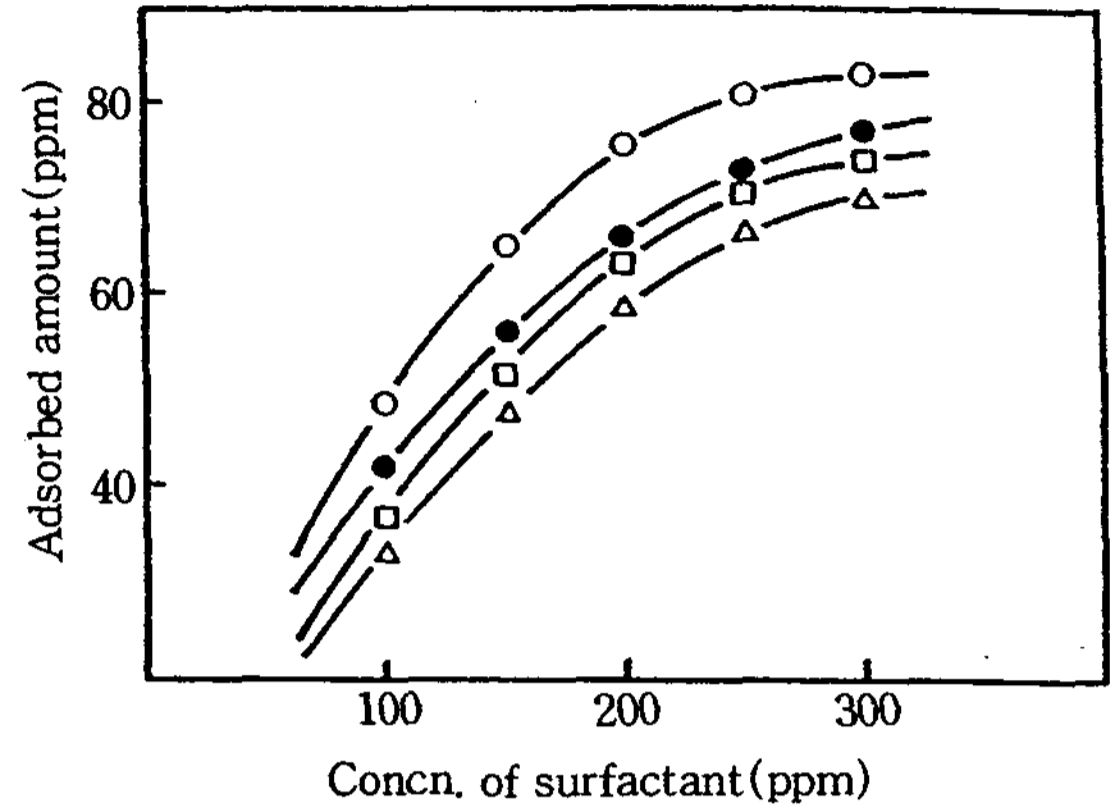


Fig. 5. Adsorption of surfactant onto particle soil at 25°C.

Clay : 0.4%, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 170ppm

- : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolium[IV]
- : SLS(sodium lauryl sulfate)
- : N-[N'-(2-hydroxyethyl-N'-(2-hydroxypropyl-N'-(3-sulfonatedpropyl)ammonio)] ethyl dodecanoyl amide[IX]
- △ : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl)dodecanoyl amide[II]

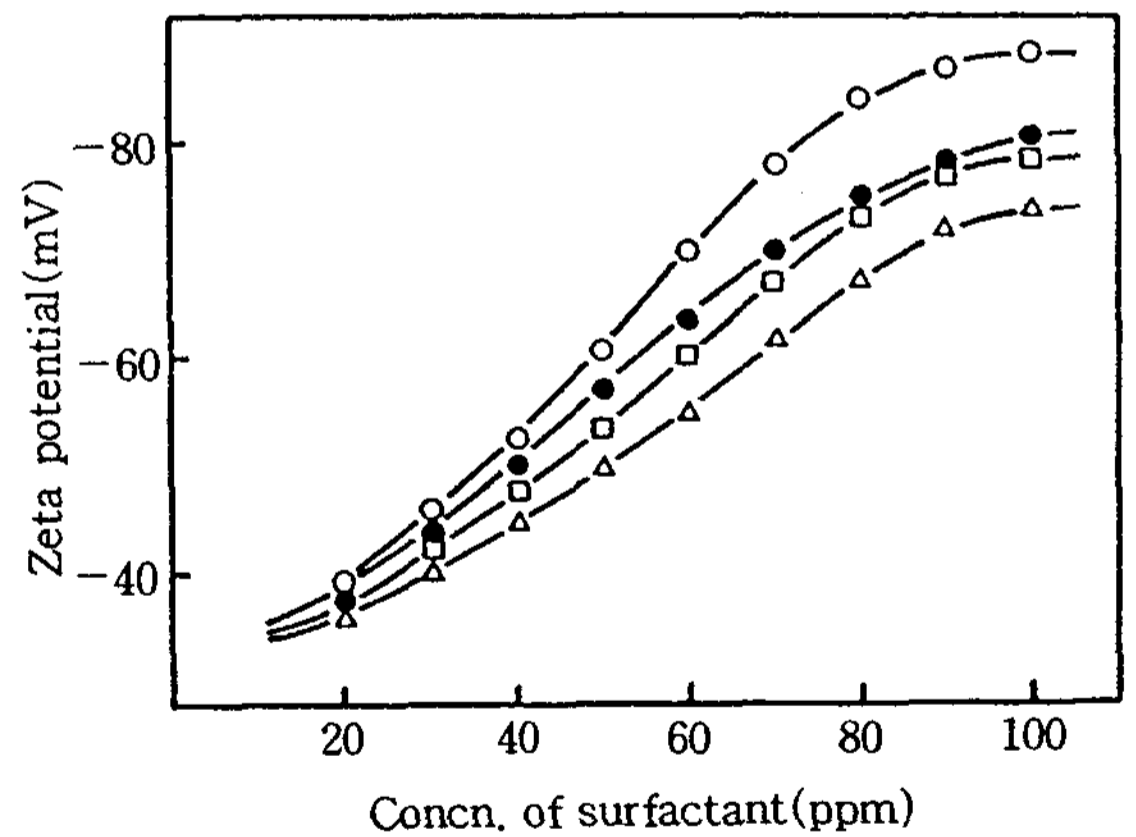


Fig. 6. Effect of surfactants on the Zeta-potential of oily soil at 25°C.

Artificial oily soil : 0.04wt%,  
Potential gradient : 10mV/cm

- : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolium[IV]
- : SLS(sodium lauryl sulfate)
- : N-[N'-(2-hydroxyethyl-N'-(2-hydroxypropyl-N'-(3-sulfonatedpropyl)ammonio)] ethyl dodecanoyl amide[IX]
- △ : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl)dodecanoyl amide[II]

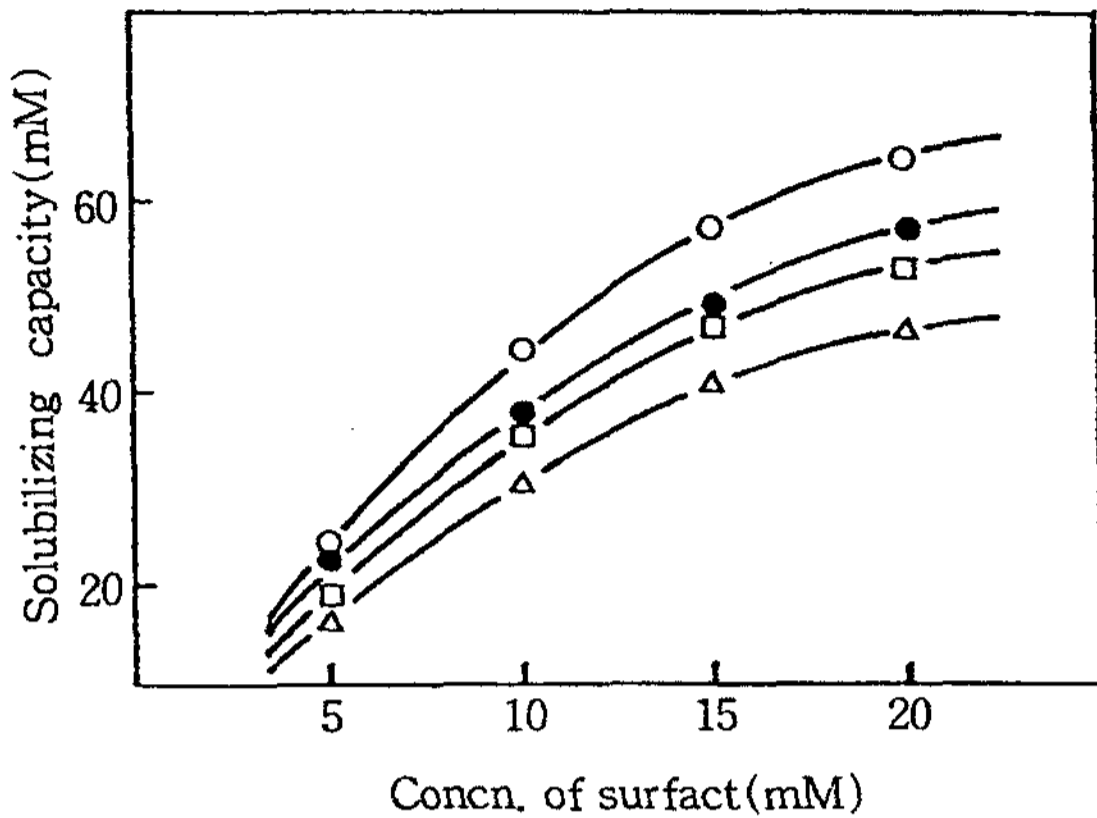


Fig. 7. Solubilizing capacity of surfactants for oleic acid at 25°C.

- : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolinium[IV]
- : SLS(sodium lauryl sulfate)
- : N-[N'-(2-hydroxyethyl-N'-(2-hydroxypropyl-N'-(3-sulfonatedpropyl)ammonio)ethyl dodecanoyl amide[IX]
- △ : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl)dodecanoyl amide[II]

포텐셜을 측정하여 산출하여야 한다. 인위적으로 만든 기름의 오염에 있어 계면활성제의 농도 변화에 따른 제타포텐셜 측정 결과를 Fig. 6에 도시하였다. 이 결과 제타포텐셜은 음의 값을 지니고 있고 계면활성제의 농도가 증가하면서 유적 표면의 음전하는 증가한다.

4. 오일 성분 오염의 가용화능 및 유화능

가용화능은 계면활성제의 농도가 증가함에 따라 현격하게 증가하였고 20mM의 농도에서 4종류의 계면활성제를 비교해 볼 때 화합물[IV]는 SLS에 비해 높은 가용화를 나타내고 Fig. 7에서 보여준다. 이러한 결과들은 유화의 안정에 플러스효과를 줄 것이 분명하다. Fig. 8은 여러 계면활성제들의 세정능 산출에 사용된 인공적 오염 기름성분의 유화에 의해 만들어진 유화안정도 실험 결과이다. 그 결과 화합물[IV]는 다른 계면활성제보다 유화 안정성을 보여주며 이는 흡착특성과 유화안정성 간의 일치를 보여주는 것이다.

IV. 결 론

이미다졸린으로부터 유도된 새로운 조성을 갖는 9

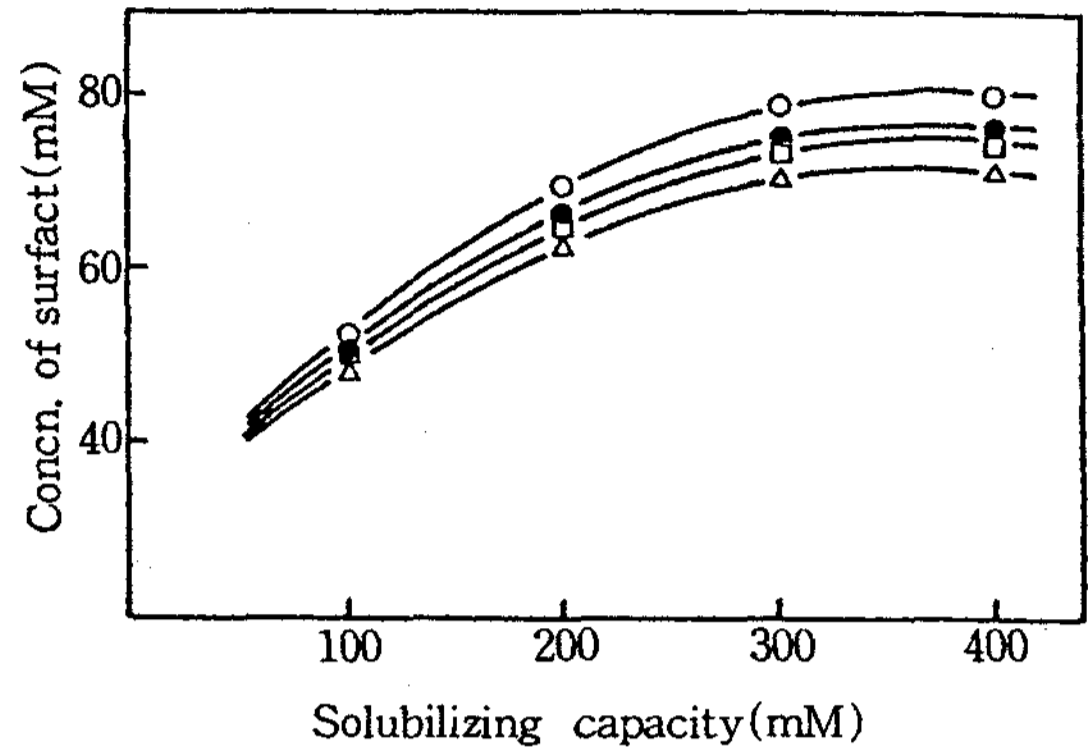


Fig. 8. Emulsification of artificial oily soil by surfactants at 25°C.

- Artificial oily soil : 0.2wt%, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 170ppm
- : 1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolinium[IV]
  - : SLS(sodium lauryl sulfate)
  - : N-[N'-(2-hydroxyethyl-N'-(2-hydroxypropyl-N'-(3-sulfonatedpropyl)ammonio)ethyl dodecanoyl amide[IX]
  - △ : Sodium N-[N'-(2-carboxyethyl)aminoethyl]-N-(2-hydroxyethyl)dodecanoyl amide[II]

종의 양쪽성계면활성제와 석유 화학물질로부터 유래된 sodium lauryl sulfate(SLS)에 대한 세정성을 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 이미다졸린으로부터 유도된 술포화 이미다졸린 화합물[IV]가 석유화학물질로부터 합성된 SLS보다 세정성이 우수하였고 세정력의 순서는 화합물[IV] > SLS > 화합물[IX] > 화합물[II]이다.

2) 이들 계면활성제의 기초적 성질 즉 점토의 흡착량의 변화로 수용성 분산계의 안정도, 오일성분에 대한 제타포텐셜의 음하전 변화량, 유화성 및 가용화능을 측정 비교한 결과 세정성의 결과와 동일한 순서로 우수하게 나타나 물리리화학적 특성과 세정성 사이에는 밀접한 상호관계를 갖고 있음이 증명되었다.

3) 이미다졸린으로부터 유도된 화합물들은 세정성 및 다른 기초적 물성이 우수하여 세정제에 응용할 경우 세정력 및 환경 안정성 측면을 모두 만족할 수 있을 것으로 기대된다.

V. 요 약

각종 세정제의 난용 및 과대 사용으로 인한 수질오

염이 날로 심각해지고 있으며 이 때 수질오염의 원인은 주로 계면활성제에 의해 발생한다. 본 연구는 이미 다졸린으로부터 유도된 9종의 양쪽성계면활성제와 석유 화학물질로부터 제조하여 대량 사용하고 있는 sodium lauryl sulfate(SLS)에 대한 세정성을 비교하여 보다 우수한 계면활성제를 선정하고자 한다. 또한 세정성의 비교는 세정력의 측정과 세정에 관한 물리화학적 측면에서 그 원인을 규명하고자 한다.

1-(2-hydroxyethyl)-1-(3-sulfonatedpropyl)-2-undecyl-2-imidazolinium [IV]는 세정성 및 다른 기초적 물성이 우수하여 세정제에 응용할 경우 세정력 및 환경 안정성 측면을 모두 만족할 수 있을 것으로 기대된다. 세정에 대한 물리, 화학적인 접근으로 세정성이 우수한 계면활성제 일수록 오염 부착에 필요한 일이 적게 나타나 오염이 쉽게 제거될 수 있음을 증명하였으며 그로 인한 공업적 응용성에 기대가 크다.

## 문 헌

- 남기대, 계면활성제(1)-기초적 물성-p. 193 수서원(1991).
- 荻野圭三, 제16회 세정에 관한 심포지움, 일본(1984).
- A. M Schwartz, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 566 (1971).
- W. Gale Cutler and Erik Kissa, "Detergency theory and Technology", 493 Marcel Dekker, Inc., New York(1972).
- 北原文雄, 제2회 세정에 관한 심포지움, 일본(1970).
- 美濃順元亮, 제11회 세정에 관한 심포지움, 일본(1979).
- 井進之助, 제9회 세정에 관한 심포지움, 일본(1977).
- 劑藤昌子等, 油化學, 28, 328(1979).
- 劑藤昌子等, 제16회 세정에 관한 심포지움, 일본(1984).
- 美山雄二, 제20회 세정에 관한 심포지움, 일본(1988).
- Samrearing Kriengprathana, World conference on oleochemical, AOCS(1990).
- Ahn Hojeong, 3rd chemical week Asia/Pacific Conference(1993).
- 노윤찬, 김홍수, 남기대, 한국유화학회지, 11(2), 107(1994).
- 노윤찬, 강윤석, 남기대, 한국유화학회지, 11(2), 115(1994).
- 한국공업규격: 의류용 합성세제, KS M 2716 (1980).
- 日本工業規格: 台所用 合成洗劑, JIS K 3370 (1979).
- P. Kubelka, *Z. Tech. Physik*, 12, 593(1931).