

## W/O Microemulsion 세정제의 물성 및 세정성 평가

이명진<sup>†</sup> · 한지원 · 이호열 · 한상원\* · 배재흠\*\* · 박병덕

(주)네오팜

\*한국화학시험연구원

\*\*수원대학교 화학공학과

(2002년 4월 16일 접수, 2002년 8월 22일 채택)

## Evaluation of Cleanness and Physical Properties of W/O Microemulsion

Myung Jin Lee<sup>†</sup>, Ji Won Han, Ho Yeol Lee, Sang Won Han\*, Jae Heum Bae\*\* and Byeong Deog Park

NeoPharm Co., Ltd., Daejeon 305-333, Korea

\*Korea Testing and Research Institute for Chemical Industry, Seoul 150-030, Korea

\*\*Department of Chemical Engineering, The University of Suwon, Suwon 445-743, Korea

(Received d16 April 2002; accepted 22 August 2002)

### 요 약

Nonionic surfactant/water/탄화수소 오일/alcohol의 4성분계 시스템에서 12종의 조성물을 제조하여 물성 평가를 수행한 결과, 30.5-31.1 dyne/cm의 낮은 표면장력의 값과, 1.6-7.2 c.p.의 낮은 점도의 물성을 보여 산업용 세정제로서의 기본 물성을 보여주었다. 이들 조성물들이 안정한 단일상으로 존재하는 온도의 범위는 alcohol/surfactant(A/S)비의 증가에 따라 감소되는 경향을 보이고 있으나, 전체적으로는 계면활성제의 hydrophilic lipophilic balance(HLB) 값에 크게 영향을 받고 있으며, HLB 값이 높을수록 안정하게 존재하는 온도 영역이 증가되는 경향을 보여주고 있다. 그리고 각각의 조성물에 물의 함량을 증가시켜 안정한 단일상이 유지되는 물의 최대 함유량을 측정한 결과 HLB 값이 낮은 계면활성제를 사용하였을 경우 HLB 값이 6.4인 비이온 계면활성제를 사용할 경우 22.1%까지도 물을 함유할 수 있었고, 물의 양이 증가됨에 따라서 단일상으로 존재하는 온도영역은 좁아졌다. 오염원으로 플렉스 제조에 사용되는 abietic acid에 대한 세정 효율을 UV/Visible Spectrophotometer와 FT-IR Spectrometer와 같은 분석기기를 이용하여 검토하여 본 결과, 비이온 계면활성제의 HLB 값이 낮을수록 높은 세정 효율을 보여주어, W/O microemulsion의 경우 비이온 계면활성제에 따른 세정력의 변화가 매우 큼을 확인할 수 있었다. 그러나 A/S의 비가 증가에 따른 세정효율의 차이는 별다른 경향을 보이지 않았다. 또한 산업세정에 있어서 중요한 세정 요소로 작용하는 변수인 온도 변화와 초음파 주파수의 변화에 따른 세정효율을 측정한 결과, 온도가 높을수록 그리고 초음파의 주파수가 낮을수록 높은 세정력을 보여주었다. 세정 공정 중 린스조에서의 유분 오염물이 함유된 린스액의 유수분리 효율을 측정한 결과, HLB 값이 6.4인 비이온 계면활성제를 사용한 세정 시스템의 경우 25°C 이상에서 85% 이상의 높은 제거 효율을 보여, 효율적인 세정 및 관리가 가능한 것으로 판단되었다.

**Abstract** – Using four components - nonionic surfactants, water, hydrocarbon oil and an alcohol as cosurfactant, 12 types of cleaning agents were prepared, and their physical properties such as surface tension, viscosity, electroconductivity and phase stability were measured. As the formulated cleaning agents have low surface tensions(30.5-31.1 dyne/cm) and low viscosities (1.6-7.2 c.p.), they are satisfied with the general physical properties of water-in-oil(W/O) microemulsions for their industrial use. They showed a tendency that their temperature range for stable one-phase microemulsion decreased in accordance with the increase of alcohol/surfactant(A/S) ratio in the formulations. However, the temperature range of one-phase microemulsion was much more affected by hydrophilic lipophilic balance(HLB) value of the nonionic surfactant which increased its temperature range and it increased in accordance with the higher HLB value in the formulations. And the maximum content of water which can keep stable one-phase W/O microemulsion was measured at each sample. In addition, their temperature range for stable one-phase microemulsion was also measured. It was confirmed that the selection of surfactant type was very important for formulating a cleaning agent, since the W/O microemulsion system with the nonionic surfactant of the lower HLB value showed better cleaning efficacy than that of the higher HLB value for abietic acid as a soil, which was used for preparing a rosin-type flux. In the formulated cleaning agents with the increase of A/S ratio in the formulations, however, there was no significant difference in cleaning efficacy. It was investigated that the differences of their cleaning efficacy was affected by the change of the

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
E-mail: mgeneli@dreamwiz.com

condition of temperature and sonicating frequency as important factors in the industrial cleaning. That is, the higher, their cleaning temperature and the lower, their sonicating frequency, the more increased, their cleaning efficacy. Furthermore, using optical instruments like UV/Visible Spectrophotometer and FT-IR Spectrometer, their cleaning efficacy for abietic acid was measured. The removal of soil from the contaminated rinse water was measured by gravity separation method in the rinse bath. As a result, the cleaning agent system having the nonionic surfactant of HLB value 6.4 showed over 85% water-oil separation efficacy at over 25 °C. Therefore, it was demonstrated in this work that the formulating cleaning agents were very effective for cleaning and economical in the possible introduction of water recycling system.

Keywords: Nonionic Surfactant, Cosurfactant(W/O) Microemulsion, Cleaning Efficacy, Water-Oil Separation

## 1. 서 론

오랫동안 자동차, 전기, 전자, 정밀기계, 광학 산업 분야 등의 정밀 세정 영역에서 오존층 파괴 물질(Ozone Depleting Substances, ODS)인 1,1,1-TCE 및 CFC-113가 광범위하게 사용되어 왔으며, 1989년을 전후하여 전체 CFC 사용량의 25-30%를 차지하였다. 그러나 1974년 CFC에 의한 오존층 파괴의 사실이 발표되고 1980년대 들어 오존층 파괴로 인한 환경문제가 심각히 대두되어 1985년 비엔나 협약과 1987년 몬트리올 의정서가 채택 됨으로써 CFC 등 오존층을 파괴하는 물질에 대한 국제적 규제가 시작되어 선진국에서는 이미 그 사용이 금지되었다. 이로 인해 대체 세정제 개발이 불가피하게 되었고 여러 가지 대체 세정제가 개발되어 왔다. 이러한 대체 세정제 기술은 대별하면 염소계, 탄화수소계, 수계, 준수계 등으로 분류할 수 있다. 이중 대체 세정제로서 첫 번째의 염소계 세정제는 현재 전체 산업세정에 있어 1,1,1-TCE나 CFC-113에서 사용하는 세정 시스템을 그대로 사용할 수 있다는 장점으로 아직도 많이 사용되고 있다. 그러나, 염소계의 경우 강한 인체 독성 및 발암성 등 안전성에 있어서의 심각한 문제가 지적되고 있고, 환경 규제 뿐만 아니라, 인체 관련 작업 환경에 대한 규제의 확산이 확실시되므로 점차적으로 대체가 예상된다. 두 번째 유형의 대체 세정제로서의 탄화수소계 세정제는 현재 염소계 다음 규모의 시장 규모를 가지고 있으나, 인화성과 건조 문제가 지적되고 있다. 또한, 이러한 탄화수소계 세정제 중에서, 벤젠, 자일렌 등과 같은 방향족계 용제형 세정제는 인체 독성이 높아 인체 안전성 및 환경 오염성에 있어 역시 문제가 있으므로 세정 현장에서 엄격한 규제를 받고 있다. 이러한 상황들을 감안하여 볼 때, 수계와 준수계 세정제가 습식 세정에 있어서 유력한 대체 세정제로서 많은 연구들이 진행되어 왔다[1]. 이중에서도 준수계 세정제는 높은 세정효율을 가짐으로써 대부분의 금속과 플라스틱과 호환되고 금속에 대한 낮은 부식성을 가지고 있는 장점을 지니고 있어, 산업세정 분야에서 CFC-113, 1,1,1-TCE 등의 유망한 대체 세정제로 준수계 세정제 기술이 주목 받고 있다.

세정의 대상 물질인 오염물질은 단일 성분으로 존재하기 보다는 대개는 극성과 비극성의 혼합물질로 구성되어 있기 때문에 세정을 효과적으로 수행하기 위해서는 오염 물질의 특성에 적합한 세정제의 제도가 필수적이다. 따라서 오일, 물, 계면활성제 성분들이 함유되어 있는 마이크로에멀전(microemulsion)형 준수계 세정제는 여러 종류의 오염물질로 구성되어 있는 오염물질에 대하여 우수한 세정성능을 지닐 것으로 예측할 수 있다. 마이크로에멀전은 열역학적으로 안정하고 분산상의 액적(drop)의 크기가 0.01-0.1  $\mu\text{m}$ (1-100 nm)의 범위를 갖는 에멀전을 말한다. 이 마이크로 에멀전은 열역학적으로 매우 안정하기 때문에 물과 오일 사이의 계면장력이 매우 낮고 분산상의 액적 크기가 매우 작아 탁도가 낮아 투명한 상을 띄고 있다. 이와 같이 물과 오일간의 계면장력을 감소시켜 열역학적으로 안정한 시스템을 구성하기 위해서는 계면활성제 및 보조 계면활성제의 사용이 필수적으로 요구된다[2].

준수계 세정제의 세정효율은 용제의 종류, 계면활성제의 종류 및 농

도, HLB, 임계 미셀 농도(CMC), 표면장력, 보조 계면활성제의 첨가유무, 세정온도 및 계면활성제/물/오일 조성 등의 변수에 따라 많은 영향을 받는다. 에틸렌 옥사이드 부가형의 계면활성제는 이온성 계면활성제에 비하여 대체로 CMC가 낮고, 생분해도가 높아, 성능이나 환경 친화적인 측면에서 많은 장점을 가지고 있다[3]. 또한 비이온 계면활성제는 온도에 따라서, 친수성도가 달라져, 이로 인하여 온도에 따른 세정력의 변화가 큰 것으로 알려져 있으며, 일정 온도 이상이 되면, 계면활성제가 더 이상의 양성친화성(amphiphilic)인 성질을 잃고 소수성으로 바뀌어, 수용액 내에서 더 이상 용해 상태로 존재하기 어려운 운점(cloud point, c.p.)을 가지고 있다[4]. 이와 같은 성질을 이용하여, 효과적인 세정 후, 적절하게 조건을 조절하여 오염성분을 효과적으로 제거하여, 린스액의 오염도를 낮추어, 효율적인 세정이 되도록 하는 시스템도 소개되고 있다[5-8].

이와 같은 기본적인 특징으로 비이온 계면활성제가 함유된 세정제 시스템의 개발에 있어서는 비이온 계면활성제의 종류 및 함량 변화, 알코올/계면활성제(A/S) 함량비율, 온도에 따른 물성의 변화 등을 효율적으로 감안하여 다양한 세정 조건에서도 높은 성능을 발휘할 수 있는 세정제의 개발이 필요하며, 세정 후 린스 단계에서 오염물질을 린스액으로부터 효율적으로 분리하여, 오염된 린스액을 재활용함으로써 수계 및 준수계 세정제의 단점인 폐수처리의 문제점을 해결하고 경비를 절감하도록 할 수 있는 것이 매우 중요하였다.

이에 본 논문에서는 세정제를 구성하기 위한 성분으로서, 오일 성분으로는 무색 무취의 탄화수소 오일로서 비점이 높고 인화성이 상대적으로 낮으며, 환경 안전성과 인체 안전성이 우수한 탄소수 14-18의 탄화수소 오일 오일을 선택하였으며, 그리고 계면활성제의 경우, 생분해도가 우수하며, 전자 부품 등에서의 이온성 물질의 잔류는 바람직하지 못할 수 있으므로 비이온 계면활성제를 사용하였다. 또한 보조 계면활성제로서는 세정제의 상안정성을 높이고, 알코올 자체의 인화점이 높아 화재의 위험성이 적은 알코올을 즉, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르를 선택하였다. 이들 알코올의 혼합 비율 결정은 다른 성분을 고정시키고, 계면활성제 성분과 알코올간의 비율 변화시키면서 단상의 마이크로에멀전 조성을 제조한 후 기본적인 물성과 기계유, 절삭유, 그리스, 광유, 그리고 액정(liquid crystal) 등과 같은 다양한 오염원에 대하여 여러 세정조건에 따른 세정력을 평가하였으며, 린스 단계에서의 유수분리 효율을 실험 하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 시약

본 실험에서 사용한 계면활성제는 pH와 물의 경도에 민감하지 않으며 이온 계면활성제에 비하여 비교적 낮은 CMC를 갖고 온도의 변화에 비교적 민감한 비이온 계면활성제 polyoxyethylene alkyl ether(호남석유화학, Korea)를 별다른 정제과정 없이 그대로 사용하였으며, 본 실험에 사용한 비이온 계면활성제의 기본 물성은 Table 1에 나타내었다. 그리

Table 1. Physical Properties of LAE Series Surfactants

Characteristics	Unit	Nonionic surfactant			Analysis method
Appearance	50	Clear Liquid	Clear Liquid	Clear Liquid	Visual inspection
Color	APHA	10	5	5	ASTM D 1209
OH value	mgKOH/g	196	169.7	135.2	ASTM D 4252-89
Degree of EO addition	mol	2.09	3.10	5.02	Supplier's document
Clouding point	°C	50.75	60.5	71.75	ISO 1065
Free PEG	wt. %	0.09	0.05	0.36	ISO 2268-1972
pH	-	6.9	6.9	6.8	ISO 4316
HLB	-	6.4	8.3	10.6	Supplier's document

고 세정제의 오일성분으로 탄화수소 오일(Shell, USA)을 사용하였으며, 물은 증류 및 이온교환장치를 거친 초순수(18  $\mu$ S/Cm)를 사용하였다. 또한 보조 계면활성제로서는 butyl diethylene glycol ether(Kyowa Hakko Co., Japan)를 사용하였다. 그리고 오염물로 사용한 플럭스는 로진계 플럭스에서 약 50%의 성분인 abietic acid(Aldrich, USA) 5 g을 isopropyl alcohol 10 ml 용액에 용해시켜 스테인리스 평판(SUS plate)에 일정량을 도포하여 1차적으로 상온에서 1시간 동안 건조 한 다음 80 °C에서 12 시간 건조하여 사용하였다.

## 2-2. 준수계 세정제의 제조 및 물성 측정

준수계 세정제의 배합은 비이온 계면활성제/물/탄화수소 오일/보조 계면활성제를 종류 및 함량을 변화시켜 혼합용액을 제조한 후, 와류믹서에서 약 30초간 3,000 rpm의 조건으로 교반 후 60 °C의 항온조에서 10 일 동안 시료가 평형에 도달할 때까지 보관하였으며 10일이 경과하여도 상 분리가 되지 않는 시료는 안정한 microemulsion으로 간주하고 각각에 대한 물성(표면장력, 점도, pH, 전기전도도 등)을 측정하였다. 형성된 microemulsion의 전도도는 electrical conductivity meter(Weilheim, LF 340, Germany) 그리고 표면장력은 surface tensiometer(Fisher Scientific, Surface Tensiomat 21, USA)를 이용하여 측정하였다. 점도는 viscosity meter(Brookfield, LVDV II+CP, USA)를 이용하여 온도에 따라 측정하였으며, 10 ml test tube에 각각의 조성물을 넣고, 온도변화에 따른 상 변화를 관찰하여 단일 상으로 존재하는 온도 영역 범위를 측정하였다. 또한 상온과 40 °C에서 2개월간 방치 후에 상(phase)의 변화를 육안 관찰하였고, cyclic incubator(선진과학 제작품, Korea)에서 22사이클(1 cycle/2 days, 1 cycle=20 °C→-20 °C→20 °C) 방치 후 상변화를 육안 관찰하여 상 안정성을 측정하였다.

## 2-3. 준수계 세정제의 세정성 평가 및 유수분리 실험

비이온 계면활성제, 물, 탄화수소 오일, 보조 계면활성제 등의 종류 및 함량의 변화에 따라 제조된 준수계 세정제들의 오염물질에 대한 용해력 실험은 일정량의 오염 물질인 플럭스가 도포 된 피세정물을 40 °C의 세정액에 침적시켜 시간의 변화에 따른 오염물질의 제거량을 측정함으로써 수행하였다. 또한 본 연구에서 제조된 세정제와 대용품 간의 세정성 비교 실험은 여러 가지의 세정평가법이 있지만[9, 10], 비교적 쉽게 정량적 측정이 가능한 중량법(gravimetric method)을 이용하여 세정효율을 평가하였으며 이때 피세정물에 부착되어 있는 잔류 오염물질의 측정은 0.1 mg의 정확도를 갖는 전자저울(Sartorius AG, LA 230S, Germany)을 사용하였으며, 건조 시에 시편이 열풍건조로 가열되어 있기 때문에 상온에 도달할 때까지 데시케이터 내에 보관한 후 외부조건의 변화가 없을 때 무게를 측정하였다. 또한 실제 세정과 같이 유사한 방법으로 세정 조에서 40 kHz의 초음파(sonication method)를 사용하여 중량법과의 세정 효율에 대한 관계성을 비교하였다. 또한 분석기기로서 UV/Visible Spectrophotometer(Varian, Cary 1 Bio, USA)와 FT-IR Spectrometer(Mattson, FT-IR 7,000, USA)를 사용하여 중량법(gravimetric method)에 대한 세

정력 효율을 분석 평가 하였다.

린스액의 유수분리 실험은 린스조의 증류수를 가열하여 25 °C, 40 °C 및 60 °C에서 정치시킨 후, 오염원인 플럭스 3%를 함유한 세정액을 전체 린스액 대비 3% 및 10%로 첨가하여 혼합 교반 후에 각각 20분간 정치하여 물층과 오염원 층을 분리한 후, 물층의 COD를 측정하여 유수 분리성을 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 준수계 세정제의 제조 및 물성 측정

세정성이 우수하고, 열역학적으로 안정한 마이크로 에멀전을 형성하기 위해서는 형성 온도에 따른 오일/비이온 계면활성제/물 시스템에 대한 상평형(phase equilibrium)의 예측이 필수적이다. 통상적으로는, 오일 성분/계면활성제/물의 혼합시스템에서는, 1) O/W 마이크로에멀전, 2) 바이컨틴뉴어스(bicontinuous) 마이크로에멀전, 3) W/O 마이크로에멀전의 3가지 타입의 유화물의 제조가 가능하나, 바이컨틴뉴어스 타입 에멀전의 경우 비극성 및 극성 오염원에 대한 세정력은 우수하나 상안정성에 문제가 있어 장기 보존시 상분리가 일어나게 되므로 제품화하기 어렵다는 단점이 있고, O/W 타입의 에멀전의 경우 극성 오염원에 대한 세정력은 우수하나, 비극성 오염원에 대한 세정력은 약한 단점이 있다. 따라서, 지방 및 오일, 기계유, 절삭유, 그리스, 광유, 액정(liquid crystal) 오염 등 다양한 비극성 오염원에 대한 세정제 시스템으로서는 W/O 타입의 에멀전 시스템이 바람직할 수 있으며, 오염원에 대한 우수한 세정력, 열역학적 안정성으로 인한 장기 보관성, 특히 세정 과정에서 용수

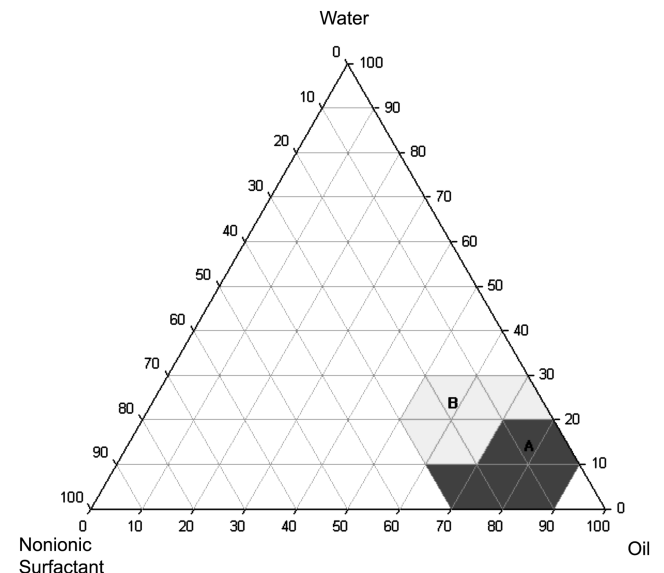


Fig. 1. Phase diagram for stable one-phase w/o type microemulsion formation range.

결감성을 얻을 수 있는 조성 영역의 결정이 필요하다.

따라서, 물과 오일, 그리고 비이온 계면활성제의 부피 변화에 따른 상의 변화를 관찰한 후 이로부터 마이크로에멀전이 형성되는 영역을 확인한 다음, 이 영역 주위의 성분 용액을 만들어서 온도 변화에 따른 상변화를 관찰하여 Fig. 1에 나타난 상의 W/O타입 마이크로에멀전이 형성되는 오일/비이온 계면활성제/물 시스템의 상평형도를 도출하였다.

친수성 부분과 소수성 부분으로 이루어진 비이온 계면활성제는 온도가 증가함에 따라 소수성이 증가하게 된다. 따라서, 지온에서는 물과의 친화성이 크고, 고온에서는 오일과의 친화성이 커지게 된다. 세정 온도가 상승되면, 비이온 계면활성제의 소수성이 증가하게 되므로 계면활성제의 세정력을 높이기 위해서는 Fig. 1의 B 영역과 같은 조성비를 고려하는 것이 유리하며, 온도가 낮은 세정 조건에서는 이와 반대로 A 영역과 같은 조성비로 조성물을 디자인하는 것이 유리하다. 또한, 사용하는 비이온 계면활성제의 HLB(hydrophilic lipophilic balance)에 있어서는, 높은 HLB를 가진 계면활성제의 경우에는 B 영역의 조성비에서도 안정한 상의 마이크로에멀전이 형성되며, 상대적으로 HLB가 낮은 비이온 계면활성제를 사용하는 경우에는 A 영역에서 또한 안정한 상의 마이크로에멀전이 형성되는 것으로 나타났다.

비이온 계면활성제, 물, 탄화수소와 같은 비극성 오일의 3성분으로 이루어진 시스템에 있어서 middle-phase microemulsion과 excess water 그리고 excess oil 상과 각각 평형을 이루는 3상이 존재하며, 특히 middle-phase microemulsion이 같은 부피의 물과 오일을 포함하는 온도를 phase inversion temperature(PIT)라 하며, PIT 조건에서는 시스템의 소수성-친수성이 균형을 이루며 일반적으로  $10^{-2}$ – $10^{-4}$  dyne/cm 정도의 매우 낮은 계면장력이 존재함으로 인하여 오일이 middle-phase microemulsion에 최대로 가용화 될 수 있다고 알려져 있다[11-14]. 그러나 이러한 middle-phase microemulsion이 형성되는 온도범위는 넓지 않아 짧은 탄소수의 알코올을 첨가함에 의해 전체 시스템의 소수성을 변화시킬 수 있으며, middle phase microemulsion이 생성되는 온도 영역을 넓힐 수 있는 것으로 알려져 있다. 통상의 비이온 계면활성제 시스템에 ethylene glycol 부가형의 보조 계면활성제를 첨가할 경우, 넓은 온도 범위에서 안정한 마이크로에멀전이 유지되도록 도와줌으로써 다양한 세정 온도 범위에서 원활한 세정이 가능하도록 도와주며, 또한 세정력 향상에 있어서도 중요한 역할을 한다. 일반적으로, 오일/비이온 계면활성제/물로 이루어진 3성분 시스템에 알코올과 같은 보조 계면활성제가 첨가될 경우, 상변화는 알코올의 친수 및 소수적인 성질에 의존하게 되는데, 일반적으로 부탄올 또는 펜탄올 등과 같은 탄소수가 적은 알코올이 첨가되면 시스템은 친수성이 증가하게 되어 마이크로에멀전을 형성하는 온도가 높아지게 되며, 헥탄올 또는 옥탄올 등과 같은 탄소수가 많은 알코올이 첨가되면 시스템의 소수성이 증가하여 마이크로에멀전을 형성하는 온도가 낮아지게 된다[15-17].

본 연구에서는, W/O 마이크로 순수계 세정제 조성물 12종을 제조하여 물성 및 성능 평가를 수행하여, 각 성분들의 종류와 조성비의 변화에 따른 특이성을 고찰하여 보고자 하였다. 비이온 계면활성제로서는

현재 상업화되어 있는 비이온 계면활성제 중 생분해도가 높은 linear alcohol ethoxylate형의 비이온 계면활성제 중 각각의 HLB 값은 6.4, 8.3 그리고 10.6은 선정하여 실험에 이용하였다(Table 1).

비이온 계면활성제는 EO의 부가 형태 및 free PEG등의 존재 여부에 따라서 비이온 계면활성제의 운점(cloud point)이 달라지게 된다. 최근에 비교적 좁은 EO 부가 분포를 보이는 비이온 계면활성제도 소개되고 있으나, 본 실험에서는 일반적인 비이온 계면활성제를 사용하였다.

N-1-N-4 조성물의 경우, HLB 10.6의 비이온 계면활성제가 사용되었으며, 보조 계면활성제와 계면활성제와의 비(A/S ratio)를 0.5-1.5까지 변화시키고, 비이온 계면활성제를 15.4%-18.2% 까지 변화시키면서, 12종의 조성물을 제조하였다. N-5-N-8의 조성물은 HLB 8.3을 사용하였으며, N-9-N-12의 조성물은 HLB 6.4를 사용하고, N-5-N-8 및 N-9-N-12의 조성비는 N-1-N-4와 같은 패턴의 조성비로 조성물을 제조하였다(Table 2).

각 조성물의 특징은, 전체적으로 오일 성분인 탄화수소 오일이 주성분이며, 탄화수소 오일과 비이온 계면활성제의 혼합비는 크게 변하지 않는 범위 내에서, 물과 보조 계면활성제의 함량이 증가되는 형태, 특히 A/S 혼합비가 0.5, 0.7, 1.0, 그리고 1.5으로 변화되는 조성물로서 설계가 되었으며, 이러한 변화에 따른 물성 및 세정성에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다. 제조된 조성물들의 물성치를 보면 wetting 능력의 척도라 할 수 있는 표면장력은 N-1-N-12 조성물 모두 30.5–31.1 dyne/cm의 낮은 표면장력을 나타내었다. 결과적으로, 비이온 계면활성제의 종류 및 A/S 혼합비에 관계 없이 비슷한 물성치를 보였으며, 이는 연속상이 탄화수소 오일이 주성분으로서, 표면장력 값이 탄화수소 오일 오일에 의해서 기본적으로 결정되기 때문으로 보인다. 점도 측정 결과는 비이온 계면활성제의 농도와 친수성이 증가할수록 높은 값을 나타내어 비이온 계면활성제의 농도와 친수성과의 비례적 관계가 성립함을 알 수 있었고, 또한 측정 온도 증가에 따라서 점도가 감소하는 경향을 확인할 수 있었다. 전기전도도는 본 연구 수행 중에 제조된 세정제들이 0.4–1.0  $\mu$ S/cm 정도의 낮은 값을 나타냄으로써 전형적인 W/O microemulsion형 세정제임을 확인할 수 있었다. 결과적으로 제조된 12종의 세정제 조성물은 낮은 점도와 낮은 표면장력 값을 보여, 세정제로서는 일반적인 물성을 만족하는 것으로 나타났다(Table 3).

### 3-2. 순수계 세정제의 one phase microemulsion 형성 온도 영역

비이온 계면활성제가 함유된 조성물의 경우 온도에 따라, 비이온 계면활성제의 HLB가 달라짐에 따라 상의 변화가 수반된다. Fig. 2에 단일상의 microemulsion으로 존재하는 온도 범위를 나타내었다.

HLB 10.6을 사용한 세정제 시스템인 N-1-N-4의 경우 -8 °C 부터 점차로 온도를 올리면서 상이 변화되지 않는 최대 온도를 측정하여 본 결과 95-113 °C 까지도 안정한 단일상의 microemulsion으로 유지되었다. 반면에 HLB 8.3을 사용한 세정제 시스템인 N-5-N-8의 경우는 68-90 °C 온도 까지 상이 변화되지 않는 상태로 존재하였으며, HLB 6.4을 사용한 세정제 시스템인 N-9-N-12의 경우 51-82 °C까지 상이 변화되지 않

Table 2. Compositions of W/O microemulsion systems

Lot Number	HLB 10.6	N-1	N-2	N-3	N-4
	HLB 8.3	N-5	N-6	N-7	N-8
	HLB 6.4	N-9	N-10	N-11	N-12
Composition(wt%)	Nonionic Surfactant	18.2	17.5	16.7	15.4
	Paraffin oil	68.2	65.8	62.5	57.7
	Water	4.5	4.4	4.2	3.8
	BDG	9.1	12.3	16.6	23.1
Total		100	100	100	100
A/S ratio (BDG/LAE ratio)		0.5	0.7	1.0	1.5

Table 3. Physical properties of W/O microemulsion systems

Lot number	Surface tension (dyne/cm)	Viscosity(cP)			pH	Electronic conductivity ( $\mu$ S/cm)	Phase stability		
		25 °C	40 °C	60 °C			R/T	40 °C	C/I
N-1	30.7	7.26	4.31	2.15	7.6	0.4	S	S	S
N-2	30.5	7.11	3.77	1.74	7.4	0.4	S	S	S
N-3	30.6	6.54	3.70	1.81	7.2	0.5	S	S	S
N-4	30.8	6.29	2.89	1.94	7.0	0.5	S	S	S
N-5	30.6	5.37	3.10	1.66	7.3	0.7	S	S	S
N-6	30.6	5.33	3.42	1.8	7.5	0.8	S	S	S
N-7	30.8	5.25	3.38	1.84	7.6	0.9	S	S	S
N-8	30.7	5.27	3.45	1.87	7.6	1	S	S	S
N-9	31.1	4.64	3.09	1.75	7.0	0.5	S	S	S
N-10	31.1	4.87	3.47	1.85	7.3	0.6	S	S	S
N-11	31.1	4.82	3.13	1.76	7.5	0.8	S	S	S
N-12	31.1	4.36	2.91	1.91	7.5	0.9	S	S	S

※ R/T: Room Temperature, C/I: Cyclic Incubator, S: Stable

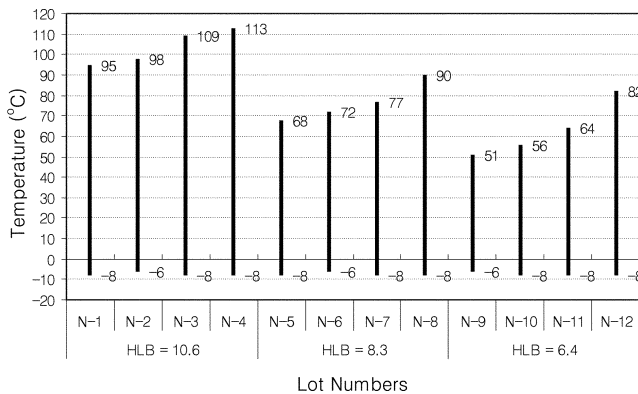


Fig. 2. Comparison of temperature range of one-phase microemulsion with different HLB value.

는 상태로 존재 하여, 비이온 계면활성제의 HLB에 따라서 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 이는 비이온 계면활성제의 일반적인 상거동과 일치하는 결과를 보여준다. 비이온 계면활성제의 양성친화성 성질(amphiphilic property)은 운점(cloud point, c.p.)과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 즉 비이온 계면활성제의 온도가 운점에 도달하였을 때 비이온 계면활성제의 양성친화성 성질을 잃어버리고 소수성 성질을 띄게 되어 오일과 물 사이의 계면 간에 유화능력을 잃게 된다. HLB 값이 10.6인 비이온 계면활성제를 사용한 N-1~N-4의 경우가 HLB 값이 8.3인 시스템과 HLB 값이 6.4인 시스템에 비해 매우 높은 온도까지 단일상으로 존재하는 온도 영역을 보여주고 있는 것은 비이온 계면활성제의 EO 부가 몰수가 높아짐에 따라 운점이 증가하여 결국 높은 온도까지 microemulsion을 안정된 상으로 유지 시키는 것으로 해석 할 수 있다. 또한 본 시스템은 W/O microemulsion으로서, 비이온 계면활성제는 오일의 연속상과 물과 오일의 계면 사이에 존재를 하게 된다. 친수성이 높은 비이온 계면활성제의 경우 상대적으로 친수성이 적은 비이온 계면활성제에 비하여, 물층과 오일의 계면 사이에 비교적 많은 양이 존재할 수 있으나, 온도가 증가됨에 따라 비이온 계면활성제의 소수성이 증가하고, 결과적으로 오일 층으로의 확산이 증가되게 된다. 물과 오일의 계면 사이에서 계면장력을 낮추고 W/O 마이크로에멀전의 안정성을 유지시켜 주었던 비이온 계면활성제가 오일층으로 확산하게 됨에 따라서, 계면에서의 비이온 계면활성제의 농도가 감소되고, 결과적으로 상 안정화도가 감소되면서 상이 분리되는 것으로 보여진다[18].

HLB가 같은 비이온 계면활성제를 사용한 경우에 오일의 함량 증가

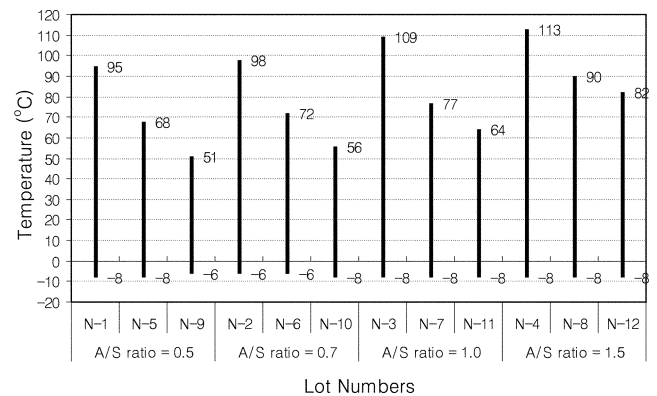


Fig. 3. Comparison of temperature range of one-phase microemulsion with different A/S ratio.

는 전체적으로 안정한 단일상이 존재하는 온도 영역에는 큰 영향을 주지 못하나, 보조 계면활성제의 양은 단일상으로 존재하는 온도영역에 큰 영향을 줄을 알 수 있다. N-1~N-4의 시료는 사용된 보조 계면활성제와 계면활성제의 비(A/S ratio)가 0.5(N-1)→0.7(N-2)→1.0(N-3)→1.5(N-4)로 증가되고 있으며, 보조 계면활성제의 함량이 증가됨에 따라서, 상전이 온도가 낮아지는 경향을 보이고 있다. 이는 기존의 실험 결과에서 에틸렌 글리콜 부가형의 보조 계면활성제가 친수성 보다는 소수성으로 작용한다는 실험결과와도 일치하고 있다. 즉, 시스템의 소수성이 증가되므로 상전이가 되는 온도가 감소하는 경향을 보인다. 비이온 계면활성제의 함량의 증가에 따른 상전이 온도는 A/S ratio가 동일한 조건이라면 일반적으로 비이온 계면활성제의 함량이 증가됨에 따라서 상전이 온도 역시 증가되는 패턴을 보여주고 있다(Fig. 3).

통상의 산업 세정은 40-60 °C에서 이루어 지는 것으로 알려져 있으며, 따라서, 상기의 결과로 보면, HLB 6.4을 사용한 세정제 시리즈의 경우, 상온 세정에서는 적합할 수 있으나, 40도 이상의 온도에서 세정은 상분리로 인하여 비 효율적이다(Fig. 3, Table 1).

### 3-3. 물 함량 증가에 따른 one-phase microemulsion 형성 영역

준수제 세정제에 있어서 세정액의 물의 함유량의 조절은 세정력 뿐만 아니라 세정액의 관리, 화재 위험성의 관리에 있어 매우 중요한 요소이다. 특히, 세정액의 수분의 함량의 조절은 이 수분 함유량에 의해 세정력이 변화하기 때문에 세정액의 수분의 관리가 매우 중요하다. 다음 실험은 N-1~N-12의 microemulsion에 물의 함량을 증가시켜 안정한 one-

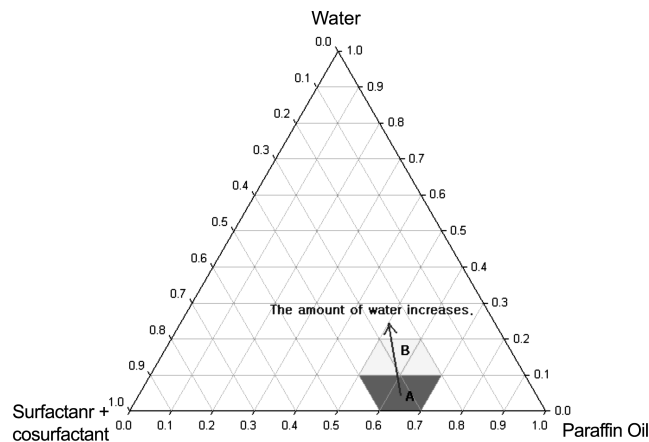


Fig. 4. The Phase diagram for stable one-phase microemulsion according to the increase of water content.

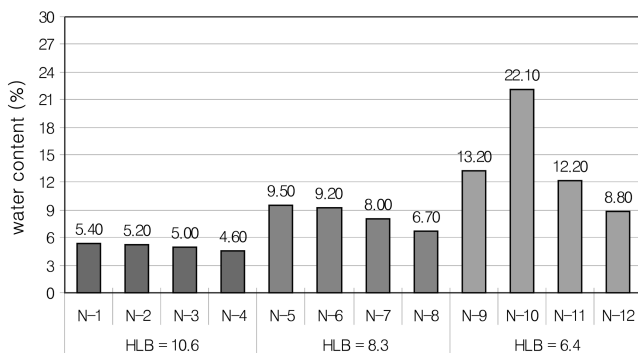


Fig. 5. Comparison of the water content range of one-phase microemulsion with different HLB value.

phase microemulsion이 유지되는 수분의 함량을 측정하였다. Fig. 4의 A 영역은 비이온 계면활성제+보조계면활성제/파라핀 오일/물의 3상 시스템에서 상기의 조성으로 제조된 N-1~N-12의 마이크로에멀전 존재하는 영역이며, B 영역은 물의 함량을 증가시켰을 때 안정한 마크로에멀전이 형성되는 영역을 표시하고 있다. 또한, 비이온 계면활성제의 HLB가 달라짐에 따라 안정한 one-phase microemulsion을 유지할 수 있는 물의 함량의 차이가 나타난다.

Fig. 5에 안정한 one-phase microemulsion으로 존재하는 물의 함량 범위를 나타내었다. N-1~N-4의 경우 물의 함량이 4.6~5.4부피% 까지 안정한 one-phase microemulsion이 유지되며, N-5~N-8의 경우는 6.7~9.5부피% 까지 상이 변화되지 않는 상태로 존재하였으며, N-9~N-12의 경우 8.80~22.1부피% 까지 상이 변화되지 않는 상태로 존재하여, 비이온 계면활성제의 HLB에 따라서 크게 영향을 받는 것을 알 수 있다. 특히 이는 비이온 계면활성제의 HLB값이 낮아 질수록 물의 함량을 많이 함유하는 것으로 나타나, 비이온 계면활성제의 소수성이 증가할 경우, 역마이크셀(reverse micelle)형성에 유리하다는 일반적인 상거동과 일치하는 결과를 보여준다. 또한 A/S ratio에 따른 물의 함량 변화를 볼 경우, HLB 10.6, 8.3의 비이온 계면활성제를 사용한 시스템의 경우에는 A/S ratio가 증가할수록 안정한 one-phase microemulsion을 유지하기 위한 물의 함량이 감소하는 것으로 나타났으나, HLB 6.4 시스템의 경우에는 A/S ratio 변화에 따른 일반적인 규칙을 찾을 수 없었다.

다음은 N-6과 N-10을 선택하여 각각 7%, 8%, 9%(N-6)과 7%, 15%, 20%의 물의 함량을 결정하고 온도를 증가시켜, 안정한 one-phase microemulsion을 유지할 수 있는 온도 영역을 확인하였다(Fig. 6). 이 경우 N-6과 N-10 마이크로에멀전 시스템에 비하여 좀더 높은 온도 영역까지 안정한 one-

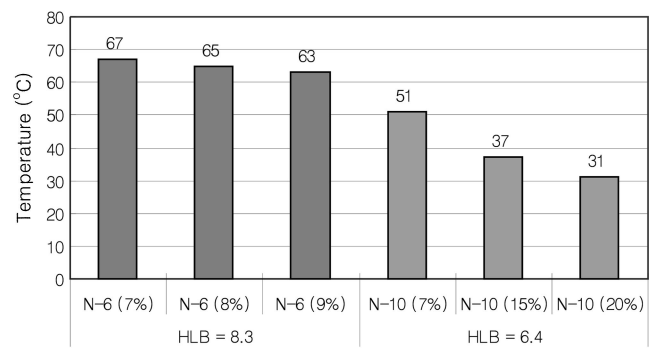


Fig. 6. Comparison of temperature range of one-phase microemulsion with different water content of N-6 and N-10.

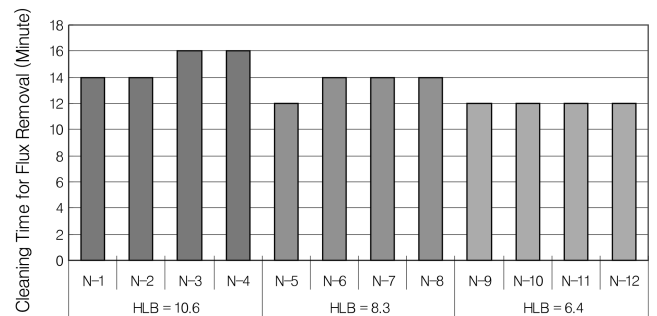


Fig. 7. Comparison of cleaning time of the 100% flux removal by dipping method for cleaning agents with different nonionic surfactant type systems.

phase microemulsion을 유지할 수 있는 것으로 나타나 세정제의 물의 함량을 증가시킬 경우, 적절한 HLB value를 가진 비이온 계면활성제의 선택이 중요함을 알 수 있었다.

### 3-4. 플럭스의 제거 효율

정밀 세정을 요하는 전자 제품에서의 세정 효율은 매우 중요하다고 볼 수 있으며, 가장 대표적인 오염물 중 하나가 플럭스이다. 이에 오염물로서 플럭스를 선정하고 이의 제거 효율은 중량법(gravimetric method)을 이용하여 평가하였다(Fig. 7).

세정력이 우수한 시스템의 선정하는 방법으로 우선, 초음파를 사용하지 않고 피 세정물을 세정액에 단순히 침적(dipping)시키는 침적법(dipping method)을 들 수 있다. 침적법에 의하여 시간에 따라 세정성을 관찰하여 본 결과, N-1~N-4의 경우 플럭스 제거에 소요되는 시간이 14분에서 16분, N-5~N-8의 경우 12분에서 14분, 그리고 N-9~N-12의 경우 모두 12분 경과 후 95% 이상의 제거효율을 보여 전체적으로 매우 뛰어난 세정효율을 보이고 있다. A/S비와 세정력과의 관련성을 살펴 본 결과, A/S의 비가 증가됨에 따라서, 세정력이 감소되는 경향을 보이기도 하나, 그 차이는 그다지 크지 않은 것으로 보인다. 이전의 실험결과에 의하면, BDG나 BTG와 같은 알코올계 보조 계면활성제가 첨가될 경우, 가용화력이 증가되었으나[16, 17], 본 실험 결과에서는 보조 계면활성제의 첨가에 따른 세정력 상의 차이점은 보이지 않았다.

A/S의 비가 0.7인 N-2, N-6, N-10을 선정하여 시간에 따른 플럭스 제거 효율을 고찰하여 본 결과, 세정 4분 경과 후부터, N-2, N-6, N-10의 상대적 플럭스 효율의 차이가 나타났으나, 12분 경과시에는 큰 차이가 없음을 알 수 있다(Fig. 8).

### 3-5. 세정에 있어서 온도 및 초음파 주파수의 영향

산업 세정의 경우 다양한 세정 방법이 있으나, 세정시간을 단축하여

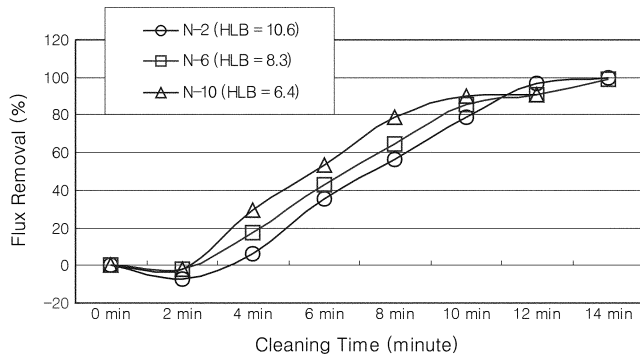


Fig. 8. Comparison of flux removal efficacy of N-2, N-6 and N-10.

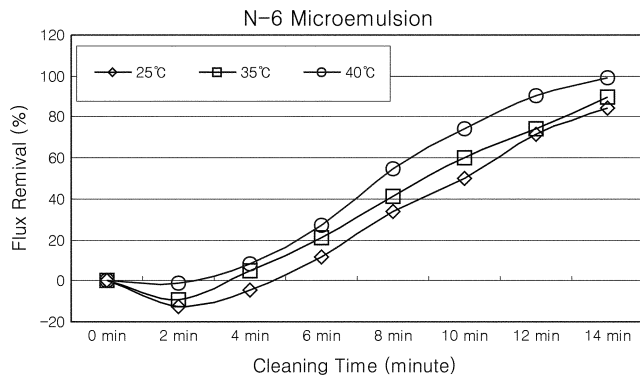


Fig. 9. Comparison of flux removal efficacy by dipping method for cleaning agent, N-6 with different temperatures (25, 35, 40 °C).

나 세정제의 피세정물과 오염물사이의 침투를 촉진시키기 위해서 외부적인 에너지를 가해하는데, 초음파 세정을 하는 경우가 많다. 또한 피세정물의 재질에 영향을 주지 않는 범위 내에서 온도를 증가 시키면 세정효율을 증가시킬 수 있다. 본 실험에서는 70 °C 이상에서도 대한 온도에 영향이 적고 상안정성이 우수한 N-6 마이크로에멀전을 선택하여, 세정온도를 25 °C, 35 °C, 40 °C로 각각 설정하여 세정력을 측정하여 보았다. Fig. 9에서 보듯이 플릭스 세정에 있어서 각 세정제들의 세정효율은 온도가 증가함에 따라 세정성능의 증가가 나타났다. 그러나 각각의 온도에 있어서 세정력은 큰 차이는 보이지 않고 있으므로, 저온에서도 좋은 세정효과를 나타낼을 알 수 있었다.

초음파 세정의 세정효율은 초음파의 power와 frequency에 의해 많은

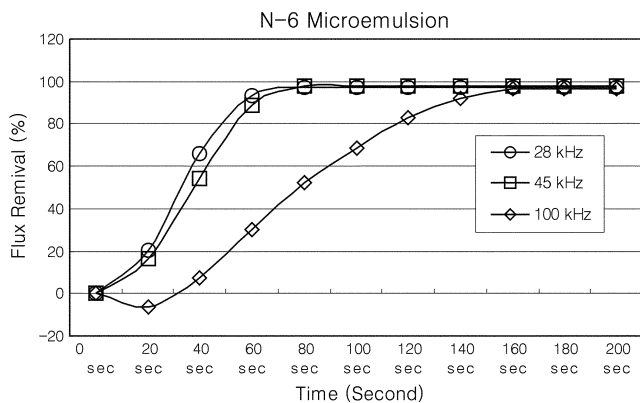


Fig. 10. Comparison of flux removal efficacy by dipping method for cleaning agent, N-6 with different sonicating frequency (28, 45, 100 kHz).

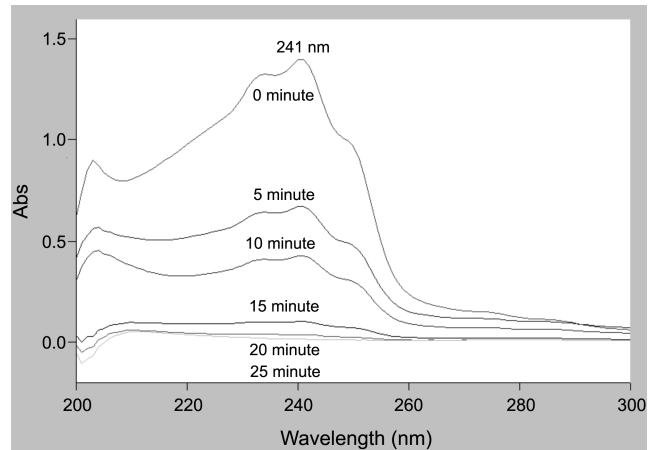


Fig. 11. Cleanliness test of N-6 for flux removal by UV measurement at 0, 5, 10, 15, 20, 25 minute (dipping method, 40 °C).

영향을 받는다. 따라서 본 시험에서는 100 W로 power를 일정하게 유지하고 frequency를 각각 28 kHz, 45 kHz, 100 kHz로 변경하여 세정효율을 평가 하였다. 이의 결과는 저주파인 28 kHz의 세정조건에서 최고의 세정효율을 얻을 수 있었다(Fig. 10). 여기서도 100 kHz 초음파 세정의 경우에는 낮은 세정효율을 나타냈으나, 45 kHz와 28 kHz 초음파 세정의 세정효율은 큰 차이를 보이지 않고 있었다.

### 3-6. 광학분석기기를 이용한 세정력 평가

오염물질인 플릭스에 대하여 N-6를 선택하여, 침적법(dipping method)을 사용하여 세정성능을 분석기기를 사용하여 시간별로 세정력을 평가하였다. 여기서 추출 용매로는  $\text{CHCl}_3$ 을 사용하였고, UV/Visible Spectrophotometer 측정에 있어서는 abietic acid에 대한 중요 흡수파장인 241 nm을 기준으로 측정하였으며, 그 결과 abietic acid에 대한 ABS 값이 시간에 따라 감소됨을 확인 하였는데, 10분의 경우에는 약 75% 이상이 제거됨을, 15분 후에는 완전히 제거됨을 측정 되었다(Fig. 11).

이것은 추출된 오염물질의 양이 세정시간의 증가와 함께 비례적으로 감소되어 세정이 잘 진행되고 있음을 설명하고 있다. 그리고 FT-IR Spectrometer의 측정의 경우에도 세정전(0분)의 abietic acid에 대한 중요 peak(2932.98 nm, 1690.98 nm, 1280.21 nm)가 세정후(20분)에 완전히 사라진 것이 측정 되었다(Fig. 12). 광학분석기기를 이용한 세정실험

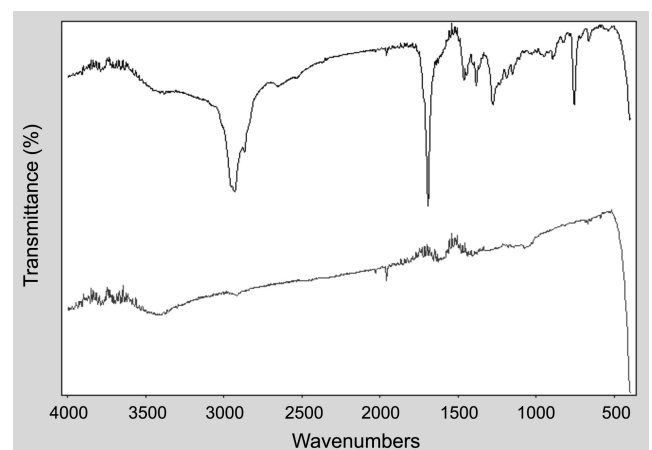


Fig. 12. Cleanliness test of N-6 for flux removal by FT-IR measurement before cleaning (0 minute) and after cleaning (16 minutes) (dipping method, 40 °C).

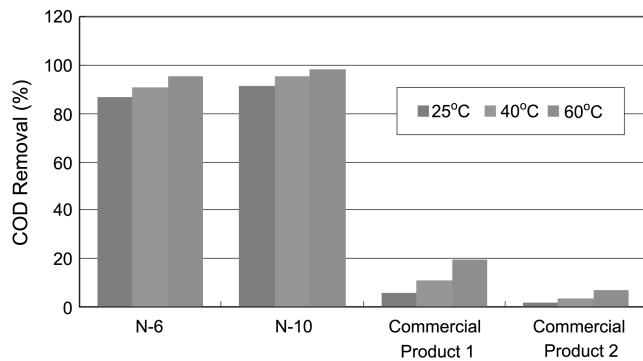


Fig. 13. Comparison of COD removal from the contaminated rinsed water(the mixtures of 3 vol.% of 3 wt.% abietic acid in cleaning agents and 97 vol.% of distilled water).

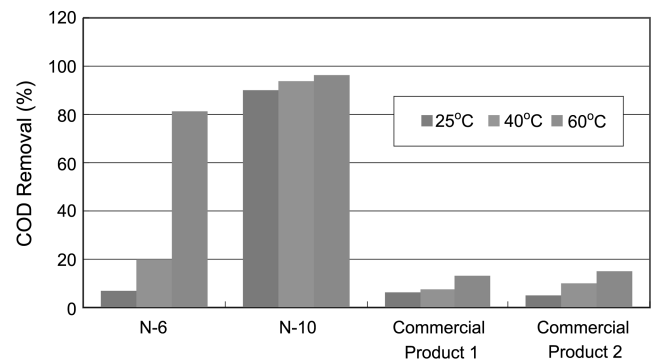


Fig. 14. Comparison of COD removal from the contaminated rinsed water(the mixtures of 10 vol.% of 3 wt.% abietic acid in cleaning agents and 90 vol.% of distilled water).

은 플릭스에 대하여 중량법으로 측정했을 경우보다 세정시간이 길어지는 것으로 나타났는데, 이것은 중량법으로 감지하지 못하는 잔류오염의 측정 결과라고 할 수 있으며, 이와 같은 광학분석법 이용한 세정력 평가는 매우 정밀하게 세정력 평가를 요구하는 측정에 이용될 수 있다.

### 3-7. 린스조에서 오염물 함유수의 유수분리 효율

본 실험에서는 실험실적으로 제조된 오염된 린스액의 재활용 가능성을 확인하기 위한 목적으로 수행한 유수분리의 실험을 수행하였다. 사용된 샘플은 HLB의 값의 변화에 따른 유수분리 효율을 관찰하기 위해서, 계면활성제의 HLB 값이 8.3인 N-6과 HLB 값이 6.4인 N-10과 유수분리 효율을 대비 측정하기 위하여 일반 준수계 세정제 시제품 2종을 선택하였다. 유분 오염원으로 abietic acid가 3 무게%가 함유된 세정액, N-6과 N-10을 증류수에 각각 3 부피% 및 10 부피%씩 혼합한 린스액 모델을 만든 이후, 25 °C, 40 °C, 60 °C의 온도 조건에서 유수분리 실험을 수행하였으며, 유수분리 후 물층의 COD를 측정하여 제거 효율을 계산하였다(Fig. 13, 14) 여기서 오염원 세정액 그리고 증류수는 실제 세정조건과 유사하게 유지시키기 위해서, 온도조건을 유수분리 실험 온도조건과 항상 같게 유지 시켰다.

린스액의 오염물 농도가 3 부피% 경우, 배합된 세정제를 함유하고 있

는 행굼액의 COD 제거율은 시제품의 세정제를 함유하고 있는 행굼액에 비하여 모든 온도에서 매우 높은 분리효율을 나타냈으며 온도의 증가와 함께 오염물질의 제거 효율이 증가하여 우수한 유수분리성을 보이고, 특히 60 °C에서는 N-6과 N-10 모두 95% 이상의 COD 제거율을 보였다. 린스액의 오염물 농도가 10 부피%일 경우, N-10은 모든 온도에서 90% 이상의 높은 COD 제거율을 보였으나, N-6은 25 °C와 40 °C에서 20% 이하의 낮은 COD 제거율을 보여 높은 유수분리성을 얻기 위해서는 적절한 오염물의 농도조절이 필요함을 확인할 수 있었다. 결론적으로 비이온 계면활성제의 운점(cloud point) 이상의 온도조건을 유지하여 비이온 계면활성제의 물리적 특성인 비수화 현상(dehydration)을 유도함으로써 유수분리가 이루어지는 것을 확인 하였고, 사용된 비이온 계면활성제의 HLB 값에 따라 적절한 유수분리 온도 조건 및 오염원의 농도 관리가 필요한 것을 확인할 수 있었다.

수계세정제 및 준수계 세정제의 가장 큰 단점 중에 하나는, 폐수가 많이 발생하고, 폐수 처리 비용이 많이 든다는 점이다. Fig. 15은 일반적인 준수계 세정제의 세정 시스템을 나타내고 있으며, 린스조에서 발생하는 폐액을 비이온 계면활성제의 운점 성질을 이용한 오염물과 물을 일차적으로 분리 시키고, membrane분리 이용한 유수분리 장치로서 비교적 저오염의 린스액을 계속적으로 재 순환시킴으로써 폐수의 발생량

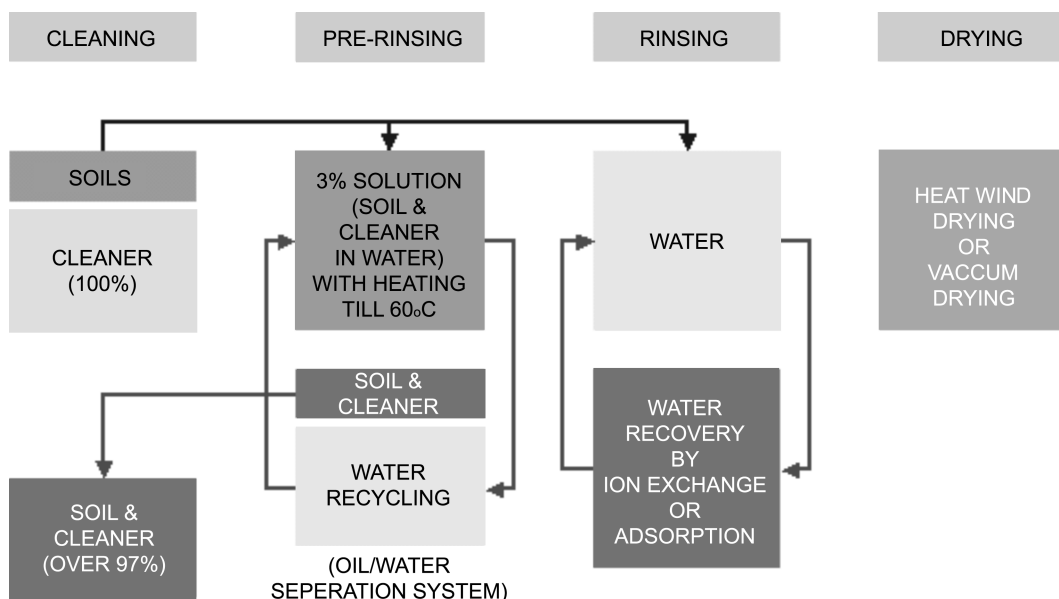


Fig. 15. Typical Schematic system of a semi-aqueous cleaning.



을 최소화시킴으로서 경제적인 운용이 가능하다.

#### 4. 결 론

Polyoxyethylene alkyl ether계 비이온 계면활성제, 물, 탄화수소 오일, 알코올의 4성분계 시스템에서 12종의 조성물을 제조하여 물성 평가를 수행한 결과, 30.5-31.1 dyne/cm의 낮은 표면장력의 값과, 1.6-7.2 c.p.의 낮은 점도의 물성을 보여 water-in-oil(W/O) microemulsion의 일반적인 물성을 만족하였다. Polyoxyethylene alkyl ether계 비이온 계면활성제, 물, 탄화수소 오일 오일의 3성분 시스템에 보조 계면활성제로서 알코올계의 BDG를 각각 첨가하여, A/S ratio를 증가시켜 본 결과 단일상의 microemulsion로 존재하는 온도 영역이 감소하였으며, 이것은 보조 계면활성제가 물과 섞이는 성질을 가짐에도 불구하고 시스템에 소수성으로 작용하기 때문이다. 전체적으로는 계면활성제의 HLB 값에 따라서, 단일상으로 존재하는 온도 영역에 큰 차이점이 있었으며, HLB 값이 낮을수록, 단일상의 microemulsion 존재 영역이 감소되는 경향을 보여 주었다. 그리고 각각의 조성물에 물의 함량을 증가 시켜 안정한 단일상이 유지되는 물의 최대 함유량을 측정하였으며, 또한 조성물의 단일상으로 존재하는 온도 범위를 측정하였다. 일반적으로 HLB 값이 낮은 마이크로에멀전 시스템이 많은 물의 함유량에서도 안정한 단일상을 유지하였으나, 안정한 단일상의 마이크로에멀전을 유지 할 수 있는 아닌 것으로 나타나 세정제의 물의 함량을 증가 시킬 경우, 적절한 HLB value를 가진 비이온 계면활성제의 선택이 중요함을 알 수 있었다. 오염원으로 flux의 주성분인 abietic acid를 선정하고, 세정 효율을 측정하여 본 결과, 비이온 계면활성제의 HLB 값이 낮을수록 높은 세정 효율을 보여주어, W/O microemulsion의 경우 비이온 계면활성제의 선정이 매우 중요함을 확인 할 수 있었다. 그러나 A/S의 비가 증가에 따른 세정 효율의 차이는 별다른 경향을 보이지 않았다. 또한 산업세정에 있어서 중요한 세정 요소로 작용하는 변수인 온도 변화와 초음파 주파수의 변화에 따른 세정효율을 측정한 결과, 온도가 높을수록 그리고 초음파의 주파수가 낮을수록 높은 세정력을 보여주었다. 또한, UV/Visible Spectrophotometer와 FT-IR Spectrometer와 같은 분석기기를 이용하여 플럭스 오염원에 대한 제거 효율을 측정하였다. 이 경우, 플럭스에 대하여 중량법으로 측정했을 경우보다 세정시간이 길어지는 것으로 나타났는데, 이것은 중량법으로 감지하지 못하는 잔류오염의 측정 결과라고 할 수 있으며, 이와 같은 광학분석법을 이용한 세정력 평가는 매우 정밀하게 세정력 평가를 요구하는 측정에 이용될 수 있다. 세정후의 린스조에서의 오염물 함유수의 유수분리 효율을 볼 때, HLB 값이 6.4인 비이온 계면활성제를 사용한 system의 경우 25℃ 이상에서 85% 이상의 높은 제거 효율을 보여, 경제적인 세정이 가능하다고 보여진다. 전체적으로 볼 때 W/O microemulsion 세정제의 제조에 있어서, 세정 효율, 넓은 온도 범위에서의 단일상의 microemulsion, 그리고 유수분리 효율성을 감안하여 적절한 세정제의 조성물 제조가 필요하다고 판단된다. 또한, 수세세정제 및 준수세 세정제의 가장 큰 단점 중에 하나는, 폐수가 많이 발생하고, 폐수 처

리 비용이 많이 든다는 점에서, 린스조에서 발생하는 폐액을 비이온 계면활성제의 운집 성질을 이용한 오염물과 물을 일차적으로 분리 시키고, membrane분리 이용한 유수분리 장치로서 비교적 저오염의 린스액을 계속적으로 재 순환시킨다면, 폐수의 발생량을 최소화 시킬 수 있다.

#### 감 사

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 청정생산기술 사업 과제를 사업자금으로 수행되었으며, 과제 수행에 도움을 준 한국생산기술원과 세정제의 물성 및 세정성 평가에 있어 많은 도움을 주신 수원대학교 환경청정기술연구센터(RRC 센터)에게 진심으로 감사드립니다.

#### 참고문헌

- Row, K. H., Choi, D. K. and Lee, Y. Y.: *Chemical Industry and Technology*, **10**, 328(1992).
- Rosen, M. J.: "Surfactant and Interfacial Phenomena," John Wiley and Sons, New York(1989).
- Swisher, R. D.: "Surfactant Biodegradation," Marcel Dekker, New York (1985).
- Myers, D.: "Surfactant Science and Technology," VCH Publisher Inc, New York(1988).
- Eiji, N. and Kozo, K.: U. S. Patent, 5,958,298(1999).
- Junji, K. and Eiji, N.: U. S. Patent, 5,954,891(1999).
- Kozo, K.: U. S. Patent 5,853,489(1998).
- Kozo, K. and Atsushi, T.: U. S. Patent, 5,725,679(1998).
- Shin, M. C., Lee, H. Y. and Bae, J. H.: *J. Korean Ind. Eng. Chem.* **11**, 825(2000).
- Bae, J. H. and Shin, M. C.: *Clean Technology*, **5**, 1(1999).
- Raney, K. H., Benton, W. J. and Miller, C. A.: *J. Colloid Interface Sci.*, **117**, 282(1987).
- Mori, F., Lim, J. C., Raney, O. G., Elsik C. M. and Miller C. A.: *Colloids and Surfaces*, **40**, 323(1989).
- Mori, F., Lim, J. C. and Miller, C. A.: *Prog. Colloid Polym. Sci.*, **82**, 114(1990).
- Raney, K. H. and Benson H.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **67**, 722(1990).
- Miller, C. A. and Raney K. H.: *Colloid Surf. A*, **74**, 169(1993).
- Go, H. G., Park, B. D. and Lim, J. C.: *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **11**, 679(2000).
- Go, H. G.: M.S. Thesis, Dongguk Univ., Chemical Engineering(1999).
- Park, B. D., Lee, M. J., Han, J. W., Lee, J. K., Lee, D. K., Han, S. W., Park, S. W., Lee, H. Y. and Bae, J. H.: *HWAHAK KONGHAK*, **40**, 106(2002).