

계면활성제의 최근 동향

국립공업기술원

화학부장 김승환

목 차

1. 세제용 계면활성제
 - (1) 의류용 합성세제
 - (2) 유연 마무리제
 - (3) 주방용 세제
 - (4) 샴푸
 - (5) 린스
2. 화장품용 계면활성제
 - (1) 세정용 화장품
 - (2) 정돈, 보호용 화장품
 - (3) 메이크업용 화장품
3. 식품용 유화제 (천연계)
 - (1) 레시틴계
 - (2) 사포닌, 스테로이드계
4. 특수형 계면활성제
 - (1) Fluorocarbon surfactant
 - (2) Organosilicone surfactant
 - (3) End modified polyoxyethylene ether

1. 세제용 계면활성제

(1) 의류용 합성세제

의류용 세제는 가격 대비 성능이 우수한 LAS, AS, AES, AOS 등의 음이온성 계면활성제를 주원료로 하여 보조제로 AE 같은 비이온성 계면활성제가 사용되고 있다. 최근 의류용세제의 경우 주원료인, 계면활성제보다 첨가제에 큰 변화가 일어났는데 첫번째로 세탁보조제인 인산염(트리폴리인산 나트륨, 피로인산 나트륨)이 제올라이트로 바뀌었으며 두번째로 1988년 부터 농축세제가 본격적으로 도입되어 종래 충전제로 사용되던 무수망초의 사용량이 줄었다. 세번째로는 바이오테크놀러지를 이용한 효소의 사용이다. 종래에는 프로테아제(단백질 분해효소)를 사용했지만 최근의 농축세제에는 알카리셀룰라제(셀룰로즈 분해효소)나 리파제(유지 분해효소)도 사용되고 있다.

(2) 유연 마무리제

일반적으로 디알킬 4급 암모늄염이 주로 사용되어 섬유에 유연성, 대전 방지성을 부여하나 의류의 흡수성, 흡한성을 높이기 위해 디올레일계 4급 암모늄염, 이미다졸린타입등의 새로운 유연제를 사용하기도 한다. 최근에는 4급 암모늄염의 환경에 대한 영향이 문제시 되어, 생분해성이 높은 유연제의 개발이 활발히 진행되고 있다.

(3) 주방용세제

주방용 액체세제는 AES를 주성분으로한 투명타입이 주류를 이루고 있으며 보조제로 AO, AA, AE 같이 질소를 함유하고 있는 비이온성 계면활성제나 CB, SB 등의 양쪽성 계면활성제를 사용한다. 특히 AES는 AO 와 분지복합체를 형성하여 기포력, 유화력을 향상시키고 AES의 피부 흡착을 제어하여 피부 거칠어짐을 줄여주며, 점도를 향상시켜 상품가치를 높여준다. 비이온성 계면활성제는 저자극성이면서 세정력이 양호하지만, 기포력이 약하기 때문에

표 1. 세제용으로 사용되고 있는 주요 계면활성제

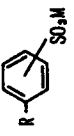

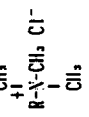
화학명	약어	구조	조건	용도
◆음이온성 계면활성제				
직쇄알킬벤젠술포산염	LAS		R: C ₁₂ ~C ₁₈ M: Na, K, 1/2Ag	의류용, 주방용, 주거용
α-올레핀술포산염	AOS	R-CH=CH(CH ₂) _n SO ₃ Na	R: C ₈ ~C ₁₈ n=0, 1~5	의류용, 샴푸
알킬황산에스테르염	AS	R-CH-(CH ₂) _n CH ₂ SO ₃ Na OH	R: C ₈ ~C ₁₇ n=1~9	의류용, 주방용, 샴푸
폴리옥시에틸렌알킬에테르황산염	AES	R-CH ₂ OSO ₃ Na	R: C ₈ ~C ₁₇	의류용, 주방용, 샴푸
α-술포지방산에스테르염	α-SFE	R-CH ₂ O(C ₂ H ₄ O) _n SO ₃ Na	R ₁ : C ₁₂ ~C ₁₈ R ₂ : C ₁ ~C ₆	의류용, 주거용
2급알칸술포산염	SAS	R ₁ -CH-COONa SO ₃ Na	R ₁ , R ₂ : C ₁₂ ~C ₁₇	의류용, 주거용
비누	SOAP	R ₁ -CH-R ₂ SO ₃ Na	R ₁ : C ₁₂ ~C ₁₈ M: Na, K, TEA	의류용, 화장비누
모노알킬인산염	MAP	R-CH ₂ COONa	R: C ₈ ~C ₁₈	샴푸, 보디샴푸
N-아실글루코사민염	ACS		R: C ₈ ~C ₁₈ M: Na, TEA	샴푸, 보디샴푸
N-아실메틸타우린염	AMT	RCO ₂ NHCOONa CH ₂ CH ₂ COONa	R: C ₈ ~C ₁₈	샴푸, 보디샴푸
술포호박산모노에스테르염	SS	RCO ₂ CH ₂ CH ₂ SO ₃ Na CH ₂ HO(C ₂ H ₄ O) _n COCH ₂ HOOCCHSO ₃ Na	R: C ₈ ~C ₁₈	샴푸, 보디샴푸
◆양이온성 계면활성제				
장쇄모노알킬 4급암모늄염	린스		R: C ₁₂ ~C ₂₂	린스

표 1. 세제용으로 사용되고 있는 주요 계면활성제 (계속)

화학명	약어	구조	용도
<p>◆ 양이온성 계면활성제</p> <p>장쇄디알킬 4급암모늄염</p> <p>이미다졸린염</p>		$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{Cl}^- \\ \\ \text{R} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{R}_2 \\ \\ \text{N}^+-\text{CH}_2-\text{Cl}^- \\ \\ \text{R}_1-\text{C}-\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{Cl}^- \\ \\ \text{C}_2\text{H}_4\text{NICOOR}_1 \end{array}$ <p>R: C₁₂~C₁₈ (硬化生脂7444, 利休)</p> <p>R₁: C₁₂~C₁₇ R₂: Cl₂</p>	<p>유연제, 린스</p> <p>유연제</p>
<p>◆ 비이온성 계면활성제</p> <p>폴리옥시에틸렌알킬에테르</p> <p>알킬디메틸아민옥사이드</p> <p>지방산디에탄올아마이드</p> <p>알킬글리코시드</p>	<p>AE</p> <p>AO</p> <p>AA</p> <p>AG</p>	$\text{R}-\text{CH}_2\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n\text{H}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\text{RCOON}(\text{C}_2\text{H}_4\text{OH})_2$ $\left[\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \\ \\ \text{HO} \end{array} \right]_n \text{OR}$ <p>R: C₈~C₁₇ n: 5~15</p> <p>R: C₁₀~C₁₄</p> <p>R: C₈~C₁₇ R: C₈~C₁₇ P: 1~2</p>	<p>의류용 합성세제</p> <p>주방용 합성세제</p> <p>주방용 합성세제</p> <p>보디샴푸</p> <p>주방용 합성세제</p> <p>샴푸</p> <p>주방용 합성세제</p> <p>샴푸</p>
<p>◆ 양쪽성 계면활성제</p> <p>카르복실릭 베타인</p> <p>아미드 베타인</p> <p>술포 베타인</p> <p>아미도아민산염 (이미다졸린계)</p>	<p>CB</p> <p>AB</p> <p>SB</p>	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ \\ \text{Cl}^- \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{RCOON}(\text{CH}_2)_2\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{COO}^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{R}-\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-\text{SO}_3^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{COO}^-\text{TEA} \\ \\ \text{RCOON}(\text{CH}_2)_2\text{N}^+ \\ \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$ <p>R: C₁₀~C₁₆</p> <p>R: C₈~C₁₇</p> <p>R: C₈~C₁₆ X: H, OH</p> <p>R: C₈~C₁₆</p>	<p>주방용, 샴푸</p> <p>샴푸</p> <p>주방용, 샴푸</p> <p>샴푸</p>

주원료로 사용되지 않고 있으나 최근 당 (글루코스)과 고급 알코올로 합성한 알킬글루코시드 (AG) 를 사용한 제품도 있다. AG는 에틸렌옥사이드계 비이온성 계면활성제 보다도 분자의 배향성 (특히 친수부)이 높기 때문에, AES 나 LAS 와 유사한 기포력을 나타내며 피부 자극성이 낮고, 생분해성이 높다.

(4) 샴푸

일반적으로 AS 가 주원료로 사용되며 종래에는 AES, AOS, ACS, 이미다졸린등이 첨가되었으나, 최근에는 저자극성 보조제로 술포호박산모노에스테르염 (SS), N-아실메틸타우린염 (AMT), 모노알킬인산염 (MAP) 등이 사용되기도 한다.

또한 최근 유행중인 린스인샴푸의 콘디쇼닝 효과를 증대시키기위해 아미드 아미노산염, 아미드베타인등의 양쪽성 계면활성제를 사용하는데, 음이온성에 비해 저자극성이며 타 계면활성제와의 상용성이 우수하다. 특히 아미드 아미노산 TEA염은 이미다졸린계와 비교하여 기포력, 세정력, 수용성 폴리머의 용해성, 콘디쇼닝 효과가 우수하다.

(5) 헤어린스

세척후 모발을 유연하게 하여 빗, 브러쉬의 사용감을 향상시키고 모발의 손상을 방지하는 것으로 현재 탄소수가 16-22 의 모노알킬 또는 디알킬 4급암모늄염이 주로 사용되고 있다.

(6) 보디샴푸

샤워의 보급이라는 외적요인과 더불어 시장이 급신장하고 있는데 종래의 비누와 AES 가 MAP 로 바뀌고있다. MAP 는 비누, AES 보다 피부의 흡착성이 낮기 때문에, 사용후 뻣기는감이 적고, 각질층의 수분조절의 중요한 인자인 천연보습인자 (NMF)와 세포간지질의 용출양도 적으며, 행굼시 물속의 칼슘이온과 물불용성의 MAP-Ca 염을 형성하여 피부에서 깨끗이 떨어져 나감으로써 산뜻한 사용감을 얻을 수 있다. 보조제로서는 하이드록시술포베타인, acyl isethionate 등이 사용된다.

2. 화장품용 계면활성제

표 2. 화장품의 목적별 분류

목 적	내 용
세 정	<ul style="list-style-type: none"> ○.피지막, 화장품의 오일성분등의 오염제거 ○.피부를 청결히 보존
피 부 정 든	<ul style="list-style-type: none"> ○.수분과 보습성분 보충 ○.비누세정에 의해 상승된 피부의 pH 저하
피 부 보 호	<ul style="list-style-type: none"> ○.피지막기능과 세포간지질의 기능 보충 ○.피부의 건조방지 ○.자외선 차단
메 이 크 업	<ul style="list-style-type: none"> ○.피부의 색정리에 의한 아름다움강조

(1) 세정용 화장품

a. 계면활성제형 세정제

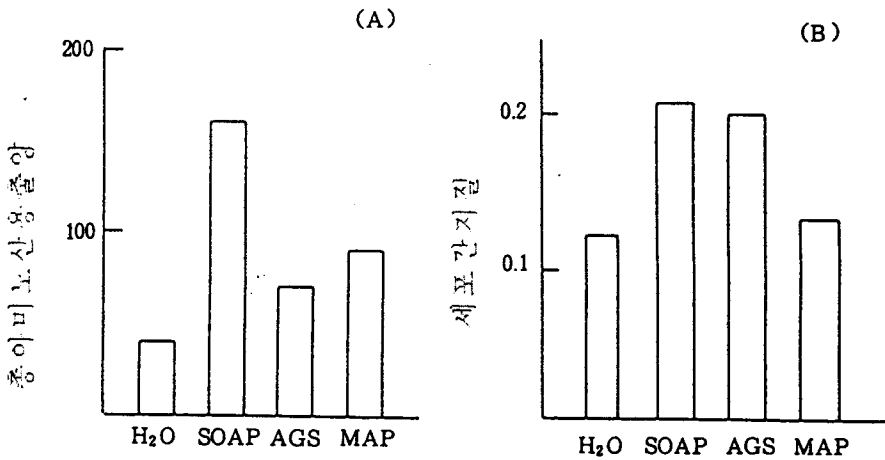
피부에 대한 저자극성이 강조되면서 알킬탄소수가 12인 모노알킬인산염 (MAP), acyl glutamate (ACS), acyl methyl taurate (AMT)등이 주목받고 있다. 그림 1. 에 나타난 바와같이 ACS 는 피부의 이미노산 용출량이 낮으며, MAP 는 아미노산 용출량 및 세포간지질 용출량이 모두 낮아 피부자극성 낮았다.

b. 용제형 세정제

직접 피부에 적용해서 마사지 한 후 문질러 닦아내는 것으로 대표적인 것엔 크린싱 크림이 있는데 유성의 W/O형과 수성의 O/W형 에멀젼이 사용된다. 친유성 계면활성제는 글리세린 모노 지방산 에스테르, 솔비톨 모노 지방산 에스테르가, 친수성 계면활성제는 폴리옥시에틸렌 솔비톨 지방산 에스테르, 폴리옥시에틸렌 경화 피마자유, 폴리옥시에틸렌 알킬 에테르등이 사용된다.

표 3. 화장품으로 사용되고 있는 중요 계면활성제

화 학 명	구 조
비누	$R-C(=O)-OX$
글리세린지방산에스테르	$\begin{array}{cc} CH_2-O-C(=O)-R & CH_2-O-C(=O)-R \\ & \\ CH-OH & CH-OH \\ & \\ CH_2-OH & CH_2-O-C(=O)-R \end{array}$
솔비톨지방산에스테르	$\begin{array}{cc} HO-CH-CH-OH & HO-CH-CH-O-C(=O)-R \\ & \\ CH_2 & CH_2 \\ & \\ O & O \\ & \\ OH & O-C(=O)-R \\ & \\ CH_2-O-C(=O)-R & CH_2-O-C(=O)-R \end{array}$
폴리글리세린지방산에스테르	$CH_2-CH(CH_2-OR)-CH_2-O-[CH_2-CH(CH_2-OR)-CH_2-O]_n-CH_2-CH(CH_2-OR)-CH_2-OR$
프로필렌글리콜지방산에스테르	$R-C(=O)-O-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-OH$
폴리옥시에틸렌솔비톨지방산에스테르	$\begin{array}{c} H(OCH_2CH_2)_m-O-CH_2-CH(CH_2O(CH_2CH_2O)_nH)-CH_2-O-C(=O)-R \\ \\ O \\ \\ O-(CH_2CH_2O)_nH \\ \\ O \\ \\ H(OCH_2CH_2)_m-O-CH_2-CH(CH_2O-C(=O)-R)-CH_2-O-C(=O)-R \\ \\ O \\ \\ O-C(=O)-R \end{array}$
폴리옥시에틸렌지방산에스테르	$R-C(=O)-O-(CH_2CH_2O)_nH$
폴리옥시에틸렌글리콜에테르	$R-O-(CH_2CH_2O)_nH$
폴리옥시에틸렌폴리옥시프로필렌알킬에테르	$R-O-(CH_2CH_2O)_m-(CH_2CH_2O)_nH$
폴리옥시에틸렌경화피마자유	$\begin{array}{c} CH_2-O-(CH_2CH_2O)_m-C(=O)-(CH_2)_n-CH(CH_2)_2-CH_3 \\ \\ CH-O-(CH_2CH_2O)_m-C(=O)-(CH_2)_n-CH(CH_2)_2-CH_3 \\ \\ CH_2-O-(CH_2CH_2O)_m-C(=O)-(CH_2)_n-CH(CH_2)_2-CH_3 \end{array}$
POE, POP 디메틸폴리실록산공중합체 (폴리에테르변성실리콘)	$CH_3-Si(CH_3)_2-O-[Si(CH_3)_2-O]_m-[Si(CH_3)_2-O(CH_2CH_2O)_n(C_2H_4O)_p(C_6H_4O)_qR]_n-Si(CH_3)_2-CH_3$



soap:지방산염
 AGS :acyl glutamate
 MAP :모노알킬인산염

그림 1. 피부세정제의 성질
 (A)아미노산용출량
 (B)세포간지질용출량

(2) 정돈, 보호용 화장품

피부의 상태를 정돈하고, 건조와 외부의 자극에서부터 피부를 보호하고 피부생리의 항상성을 갖도록 하기 위해 사용하는 것으로 용제형 세정제에 나타난 비이온성 계면활성제가 대표적이거나, 최근에는 피부에 대한 보습성을 겸비한 것으로 액정 (Liquid crystal) 이란 고차 구조체를 형성하기 쉬운 계면활성제가 주목되고 있다. 그림 2. 에 나타난 바와 같이 피부각질층의 수분양에 정비례하는 피부표면의 컨덕턴스를 측정된 결과 액정에 의한 에멀존이 보통의 에멀존보다 높은 보습성을 나타내고 있다. 액정을 형성하기 쉬운 계면활성제들은 표 4. 에 나타난 구조를 갖는 폴리 (옥시테트라메틸렌) 폴리 (글리세릴) 알킬 에테르, 레시틴 및 부분 수첨 레시틴, 효소 (포스포리피제 A2) 에 의해 개질된 리조레시틴, 모노알킬인산 알기닌, 알킬글리세릴에테르 (CE) 등 이다.

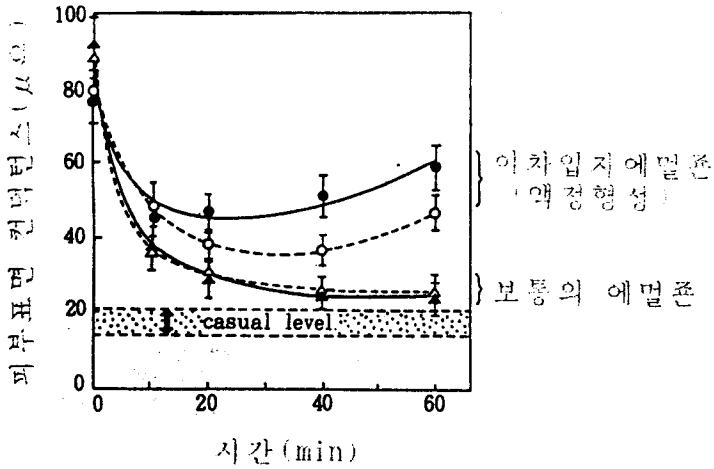


그림 2. 에멀존을 적용한 피부표면의 컨덕턴스 변화

표 4. 고차구조체를 형성하기 쉬운 계면활성제

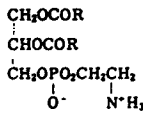
화 학 명	구 조
폴리(옥시테트라메틸렌) 폴리(글리세린)알킬에테르	$RO(CH_2)_m(O_m(C_2H_4(OH)_2)_n$
레 시 턴	$ \begin{array}{c} CH_2OCOR' \\ \\ R' COOCH \\ \quad \quad \quad O \\ CH_2-O-P-O-CH_2CH_2N^+(CH_3)_3 \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad O^- \end{array} $
리조 레시 턴	$ \begin{array}{c} CH_2OCOR \\ \\ HOCH \\ \quad \quad \quad O \\ CH_2-O-P-O-CH_2CH_2N^+(CH_3)_3 \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad O^- \end{array} $
모노 알킬 인산 알기닌	$ \begin{array}{c} O \\ \\ R-O-P-O^- \\ \\ OH \end{array} \begin{array}{c} H_2N^+ \\ // \\ C-NH-(CH_2)_m-CH-COO^- \\ / \quad \quad \\ H_2N \quad \quad NH_3^+ \end{array} $
알킬 글리세릴 에테르	$ \begin{array}{c} ROCH_2CH-CH_2 \\ \quad \quad \\ OH \quad \quad OH \end{array} $

(1) 레시틴

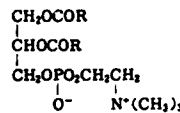
일반적으로 대두 레시틴을 많이 사용하며, 다른 식품 유화제들은 비이온성이지만 이들은 노르말알킬지방산을 친유기로 갖으며 산성을 나타내는 인산부분과 염기성을 친수기로 갖기 때문에 양쪽성 계면활성제이다. 개질방법으로는 ①부분가수분해 ②효소에 의한 처리 ③분별추출등의 방법등이 있으며 개질된 레시틴은 유지의 산화 방지능, 영양학적인 요소등을 가지고 있으므로 인지질의 순도를 높임으로써 새로운 응용이 기대된다.

(2) 사포닌, 스테로이드계

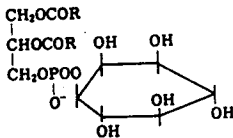
친유기는 triterpene 같은 스테로이드 골격을 갖는 다환체이며, 친수기는 복잡한 구조를 갖는 당이므로 비이온성이 주류를 이룬다. terpene을 골격으로 하기때문에 향료성분의 유화, 가용화가 기대되며, 표면장력이 저하능이 크고, pH에 따른 물성변화가 적은 특징을 가지고 있으며, 기포력, 유화력(내산성, 내염기성), 가용화력등에 대한 조사가 이루어지고 있다.



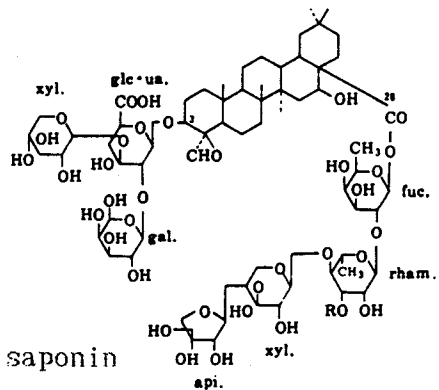
phosphatidyl cholin (PC)



phosphatidyl ethanol amine (PE)



phosphatidyl inositol inositol (PI) lecithin



triterpenoid saponin

그림 3. 레시틴과 사포닌의 구조

DS-1 : R=H
DS-2 : R=glc



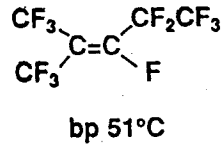
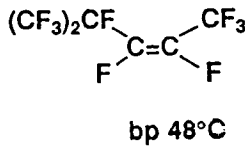
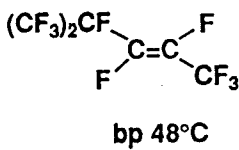
4. 특수형 계면활성제

(1) Fluorocarbon surfactant

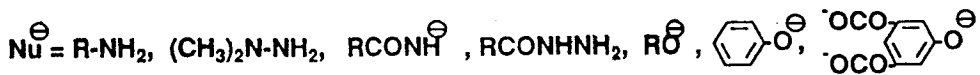
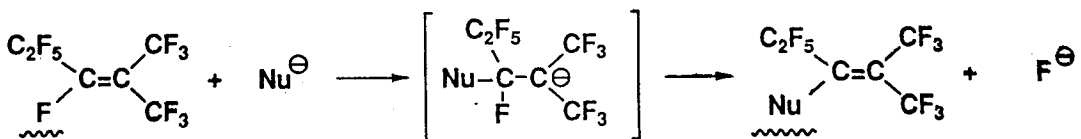
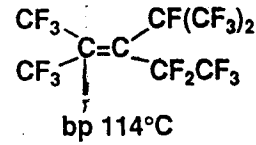
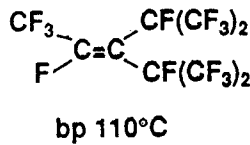
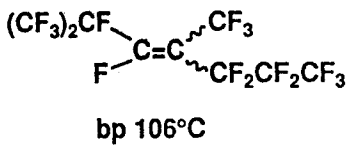
<제법>



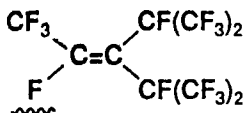
dimer;

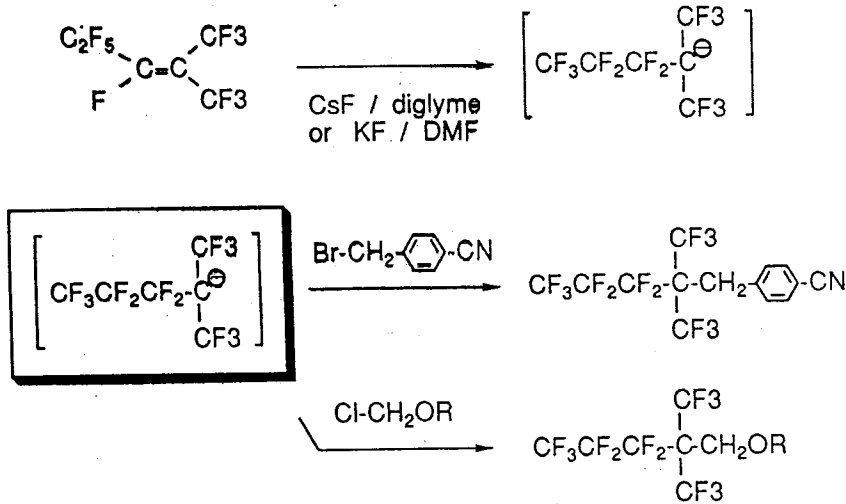


trimer;



trimer: same reactivity





R; Alkyl, (C₂H₄O)_nCH₃, (C₂H₄O)_nC₂H₄Cl, (C₂H₄O)_nCH₂CH=CH₂,
 CH₂C₆H₄-X, CH₂CH=CH₂

<특징>

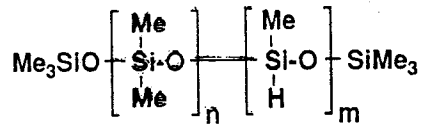
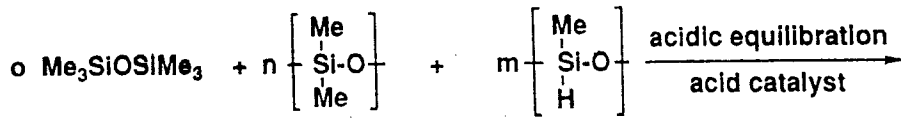
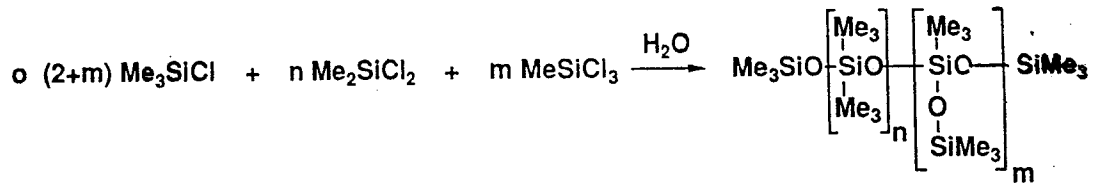
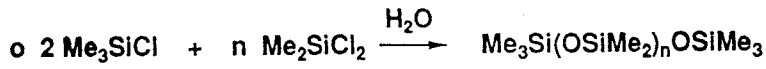
- o. 매우낮은 표면장력
- o. 저농도로 효과적
- o. 산, 알칼리, 환원, 산화, 넓은온도범위에서 안정
- o. 유기용매에서도 표면활성 효과
- o. 물과 기름에 대한 반발력 우수

<용도>

- o. 소화제 (fire extinguishing foam)
- o. 바닥용 leveling agent
- o. tetrafluoroethylene의 emulsion polymerization시 유화제
- o. 전기도금 욕조의 첨가제
- o. 광택과 페인트의 분산제
- o. 유전 (oil well)의 자극제
- o. 화장품

(2) Organosilicone surfactant

제조법



<특 징 >

- o. 독특한 표면 물성
- o. -80°C - 260°C 에서 온도에 대한 저항력과 내구성이 우수
- o. 빛, 화학약품, 오존등에 대해 화학적으로 안정

<용 도 >

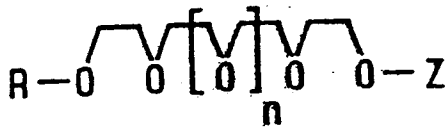
- o. resin, gum, grease, 오일 제조시
- o. 섬유처리제
- o. 발포제
- o. 응고제

표 6. Silicone 계 계면활성제의 표면장력

구 조	표 면 장 력 (mN/m)	표 면 장 력* (mN/m)
$\text{Me}_3\text{Si}(\text{CH}_2)_{10}\text{SO}_3\text{Na}$	30	30 - 41
$\text{Me}_3\text{Si}(\text{CH}_2)_6\text{O}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_6\cdot 3\text{H}$	25	29 - 30
$\text{Me}_3\text{Si}(\text{CH}_2)_8\text{N}^+\text{Me}_3 \text{Br}^-$	33	42 - 43
$\text{Me}_3\text{Si}(\text{Me})_2(\text{OSi}(\text{Me})_2)_4(\text{CH}_2)_3\text{N}^+\text{HMe}_2 \text{Cl}^-$	28	

* 일반 탄화수소화합물의 표면장력

(3) End modified polyoxyethylene ether



종 류 :

1. Ionic surfactant

가. ether sulfate

나. ether sulfonate

다. ether carboxylate

2. End blocked nonionics

Z = alkyl, aryl, OCOR, COCH₃, CONH₂ 등

3. End substituted functional surfactant

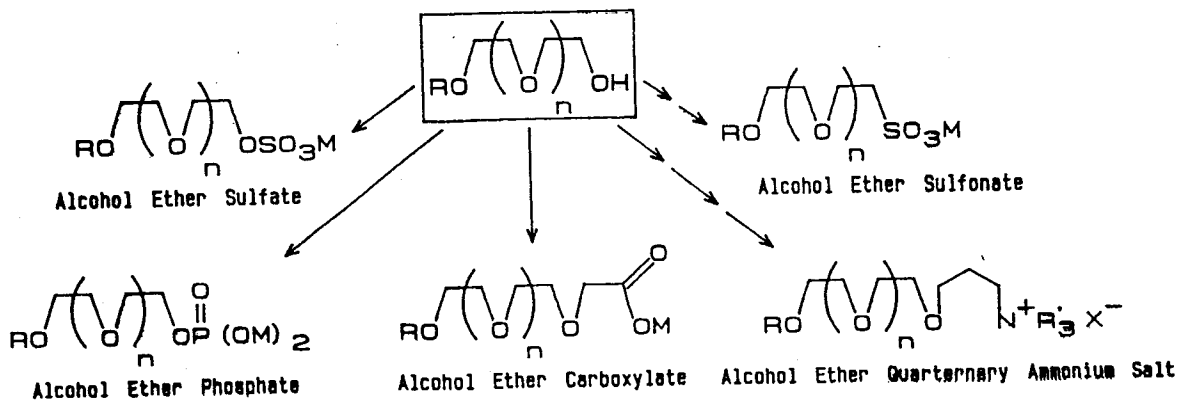
가. hydroxamic acid

나. oxime

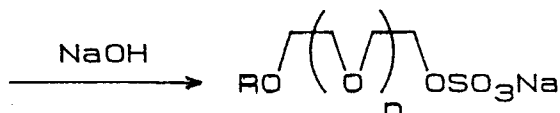
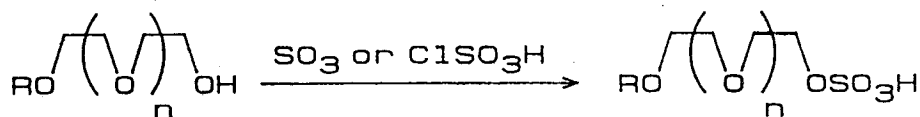
다. amide oxime

제 법 과 용 용

o. Ionic surfactants derived from alcohol ethoxylate



o. Alcohol ether sulfate

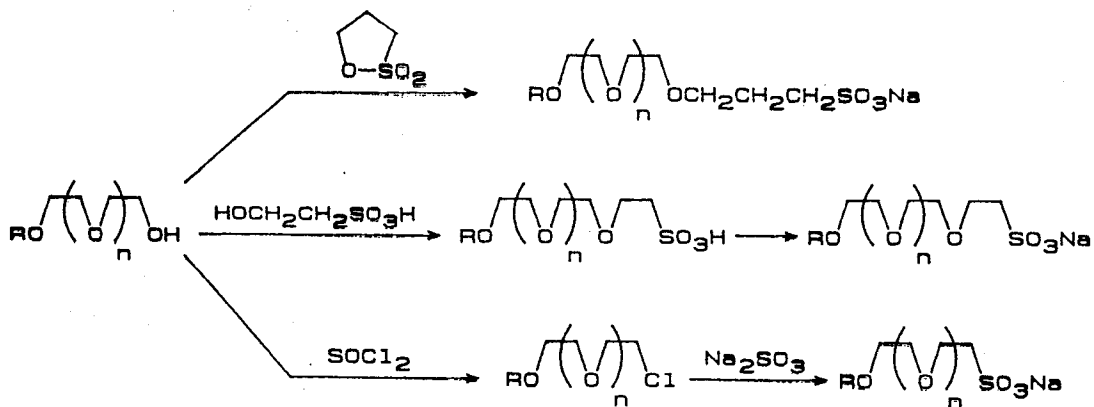


R: Alkyl or Aryl

[Features] Low krafft point Good wettability Good foaming ability
 Good solubility Effective in hard water Low irritant to skin

[Use] Ingredient of heavy- or light-duty detergents, Shampoo and other cosmetics

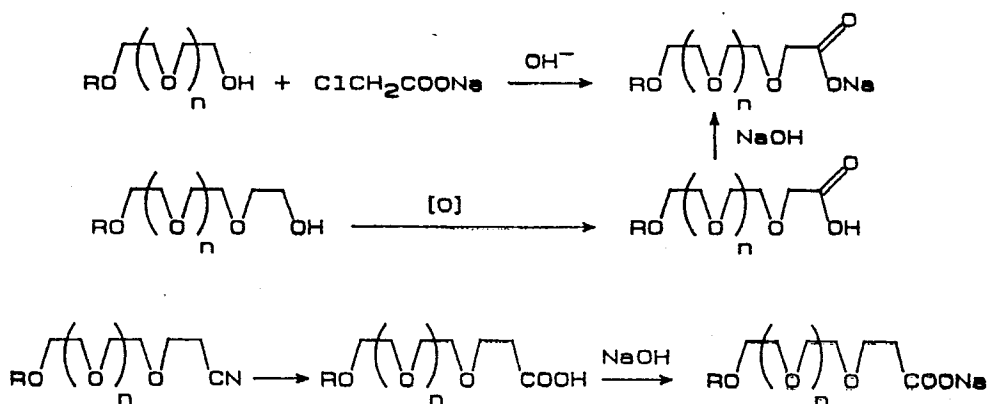
o. Alcohol ether sulfonate



[Features] Stable to acid, alkali, or oxydation Low irritant
 Effective in hard water Good biodegradability

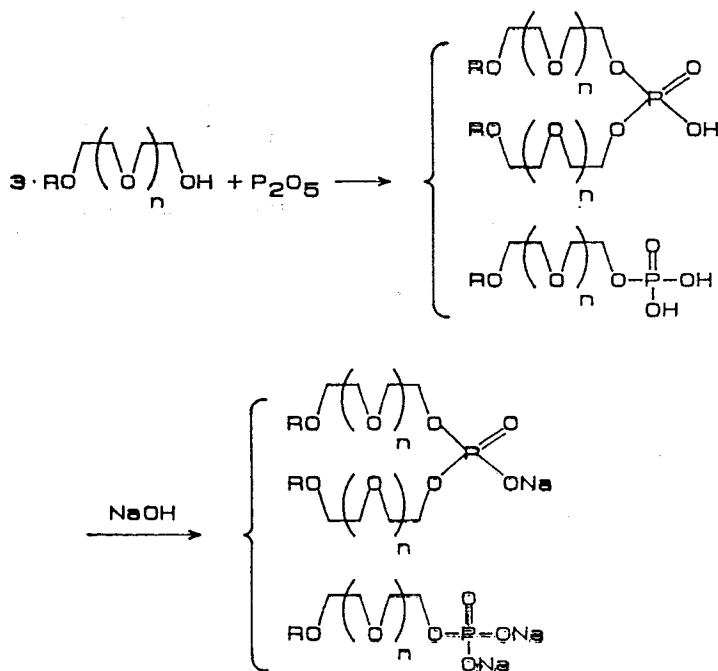
[Use] Personal-care products (cream, lotion), cleaner

o. Alcohol ether carboxylate



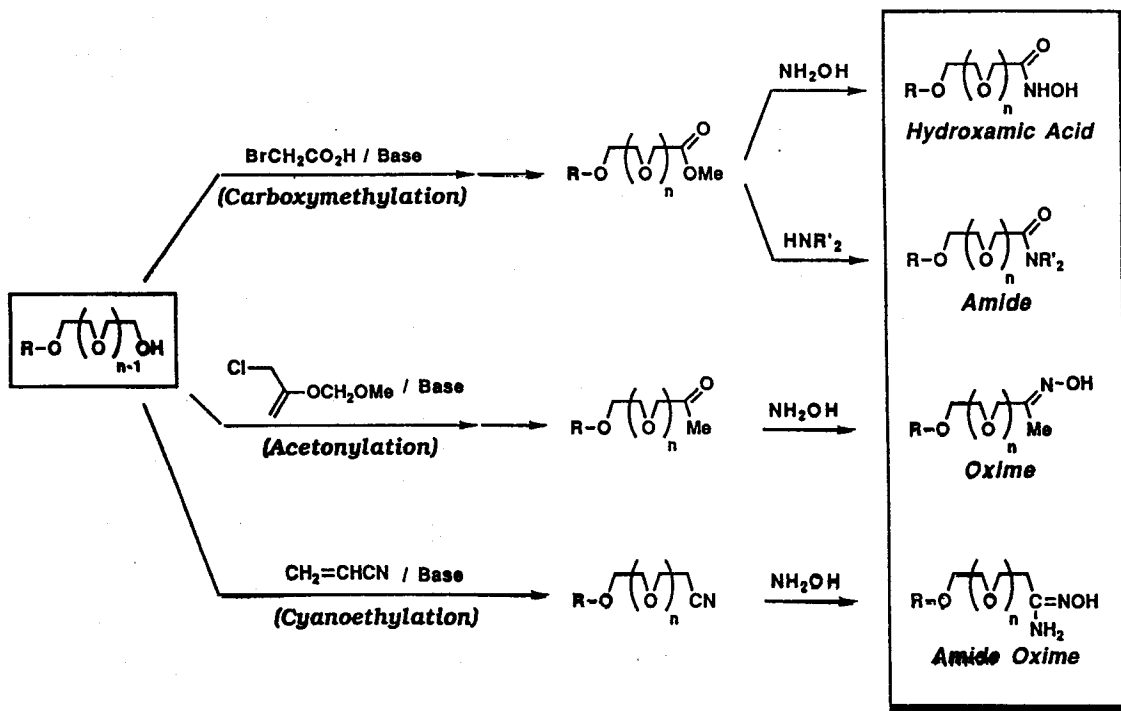
[Features] □ Good water solubility □ Effective in hard water
 [Use] Cosmetics, Enhanced oil recovery, Wetting agents, Detergents, Dyeing auxiliary

o. Alcohol ether phosphate

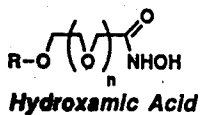


[Features] □ Good emulsifying ability □ Compatible with inorganic builders
 □ Good water solubility □ Medium foaming ability
 [Use] Emulsifier, Treatment for metal or fibers, Anticorrosives, Detergents, Shampoo, Cosmetics, etc.

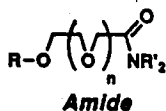
o. "Fictional" surfactants derived from alcohol ethoxylate



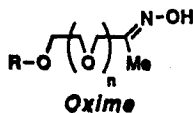
o. Properties and application of " Functional" surfactant



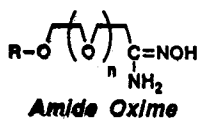
- Micelle Formable Complex with Fe(III)
- Micellar Catalyst
- Ion-Flotation Collector for Fe(III)



- Good Lime-Soap Dispersing Agent
- Effective Even in Hard Water (> 2000 ppm as CaCO₃)



- Extra-Low Foaming Property



- Ion-Flotation Collector for Ga(III)