

Sodium Dodecyl Sulfate(SDS)와 Tetraethylene Glycol Monododecyl Ether(TGME)의 혼합미셀화에 미치는 NaCl의 효과

李炳煥

한국기술교육대학교 교양학과
(1995. 9. 28 접수)

Effect of NaCl on the Mixed Micellar Properties of Sodium Dodecyl Sulfate(SDS) with Tetraethylene Glycol Monododecyl Ether(TGME)

Byung-Hwan Lee

Department of Liberal Arts, Korea Institute of Technology & Education,
Chonan 333-860, Korea
(Received September 28, 1995)

요 약. 순수 물 및 NaCl의 수용액에서 Sodium dodecyl sulfate(SDS)와 Tetraethylene glycol monododecyl ether(TGME)의 혼합계면활성제가 25 °C에서 나타내는 임계미셀농도값(CMC*)들을 표면장력계로 측정하였으며, 이들 CMC*값들이 음이온 계면활성제인 SDS의 물분율 조성(α_1)과 첨가제인 NaCl의 농도에 따라 어떻게 변화하는지를 조사하였다. 유사상태분리모델을 기초로하는 비이상적 혼합미셀모델을 적용함으로써 측정된 CMC*값들로부터 SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 여러가지 열역학적 함수값들을 계산하여 분석하였다.

ABSTRACT. The critical micelle concentrations(CMC*) of the mixed surfactant systems of Sodium dodecyl sulfate(SDS) with Tetraethylene glycol monododecyl ether(TGME) in the aqueous solutions of NaCl at 25 °C were determined as a function of the overall mole fraction of SDS(α_1) by the use of surface tension method. Various thermodynamic parameters for the micellization of SDS/TGME mixed surfactant systems were calculated and analyzed by means of the equations derived from the nonideal mixed micelle model, based on the pseudo-phase separation model.

서 론

두 종류 이상의 계면활성제들이 혼합된 용액에서 일어나는 혼합미셀화는 단일 성분의 계면활성제 용액에서 일어나는 미셀화와는 큰 차이를 나타낸다.^{1,2} 미셀상이나 단량체상에 존재하는 서로 다른 두 종류의 계면활성제분자들 사이에 인력이나 반발력이 작용함으로써 혼합계면활성제의 미셀화는 촉진되거나 방해받게 된다.¹⁻⁴ 단일 성분의 계면활성제가 나타낼 수 없는 혼합계면활성제의 특수한 물리적 성질을 이용하기 위하여 실생활에서는 임의로 배합된

다양한 종류의 혼합계면활성제가 많이 이용되고 있으며,⁵⁻⁸ 또한 이론적 해석을 위하여 지금까지 여러 종류의 혼합계면활성제에 대하여 연구가 활발히 진행되어 왔다.⁹⁻¹⁴ 특히 양이온/비이온, 음이온/비이온 및 비이온/비이온 혼합계면활성제들의 미셀화에 대하여 많은 연구가 진행되고 있다. 혼합미셀상에서 전하를 띠고 있는 이온성 계면활성제분자들과 전하를 띠지 않는 비이온성 계면활성제분자들 사이에 다양한 종류의 인력 및 반발력이 생기게 되며 또한 반대이온들이 혼합미셀상의 표면에 흡착되는 현상

으로 인하여 이온성 계면활성제와 비이온성 계면활성제의 혼합미셀화는 일반적으로 비이상적 혼합미셀화 현상을 따르는 것으로 나타났다.¹⁵⁻¹⁹ 그러나 이들 이온성/비이온성 혼합계면활성제의 미셀화에 미치는 염의 효과 및 여러가지 첨가제들의 효과에 대하여는 아직 체계적인 연구가 진행된 바 없다. 따라서 본 연구에서는 음이온 계면활성제인 Sodium dodecyl sulfate(SDS)와 비이온 계면활성제인 Tetraethylene glycol monododecyl ether(TGME)로 이루어진 혼합계면활성제가 순수 물 및 NaCl수용액에서 나타내는 미셀화 현상들을 상호 비교분석하고자 한다.

이 론

계면활성제분자들의 미셀화 현상에 대한 열역학적 고찰을 하기 위하여 일반적으로 유사상태분리모델이 많이 이용되어 왔다.^{12,13,20-22} 유사상태분리모델에 의하면 미셀상은 열역학적으로 분리된 하나의 상태로 취급되며, 순수성분상태를 미셀상의 표준상태로 정하면(Raoult의 법칙) 미셀상에서 i 성분의 활동도(a_i^M)는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. 그리고 단량체상 혹은 미셀상으로 존재하는 i 성분의 fugacity는 서로 같으므로 단량체상으로 존재하는 i 성분의 활동도(a_i^m)는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.^{12,20,22} 여기서 X_i 와 γ_i 는 미셀상에서 i 성분의 몰분율 조성과 활동도계수를 나타내며, CMC_i 는 순수한 i 성분의 임계미셀농도를 나타낸다.

$$a_i^M = \gamma_i X_i \quad (1)$$

$$a_i^m = a_i^M CMC_i \quad (2)$$

또한 단량체상인 i 성분의 몰농도와 활동도계수가 각각 C_i 와 γ_i^m 이라면 Henry의 법칙에 따라 a_i^m 은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 따라서 식 (1), (2) 및 (3)에 의하면 단량체상으로 존재하는 i 성분의 몰농도(C_i)는 식 (4)와 같다.

$$a_i^m = \gamma_i^m C_i \approx C_i \quad (3)$$

$$C_i = \gamma_i X_i CMC_i \quad (4)$$

한편 일반화된 이성분 혼합미셀모델에 의하면 미셀상에서 각 성분들의 활동도계수는 각각 식 (5) 및 (6)과 같이 표현되며,^{11,17,18,23} 여기서 β 값은 미셀상에

서 두 종류의 계면활성제분자들 사이의 상호작용을 나타내는 함수값으로 식 (7)과 같이 표현된다.¹⁷

$$\gamma_1 = \exp[\beta(1-X_1)^2] \quad (5)$$

$$\gamma_2 = \exp[\beta X_1^2] \quad (6)$$

$$\beta = \{1/(1-X_1)^2\} \ln[(\alpha_1 CMC^*)/(X_1 CMC_1)] \quad (7)$$

따라서 식 (5)와 (6)의 관계를 식 (4)에 대입하면 단량체상으로 존재하는 각 성분들의 몰농도는 X_1 과 β 값의 함수로서 각각 식 (8) 및 (9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_1 = X_1 CMC_1 \exp[\beta(1-X_1)^2] \quad (8)$$

$$C_2 = X_2 CMC_2 \exp[\beta X_1^2] \quad (9)$$

그리고 i 성분의 전체 몰분율 조성이 α_i 인 혼합계면활성제에서 단량체상으로 존재하는 i 성분의 몰농도는 식 (10)과 같이 나타낼 수 있으므로 이것을 식 (8) 및 (9)에 적용하면 혼합계면활성제의 임계미셀농도값(CMC^*)은 X_1 의 함수로서 식 (11)의 관계식이 성립하게 된다.

$$C_i = \alpha_i CMC^* \quad (10)$$

$$\ln CMC^* = \{X_2^2/(X_1^2 - X_2^2)\} \ln[\alpha_2/(X_2 CMC_2)] - \{X_1^2/(X_1^2 - X_2^2)\} \ln[\alpha_1/(X_1 CMC_1)] \quad (11)$$

위의 비이상적 혼합미셀모델을 SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에 적용함으로써 여러가지 열역학적 함수값들을 계산할 수 있다. 즉 임의의 α_i 에서 측정된 CMC^* 값을 이용하면 식 (11)에 의하여 X_1 값을 그리고 식 (7)에 의하여 β 값을 계산할 수 있으며, 또한 임의의 α_i 에서 계산한 X_1 및 β 값들과 위의 식들을 이용하면 각 성분들의 다양한 열역학적 함수값들은 쉽게 계산된다.

실 험

시약 및 기기. 음이온 계면활성제인 Sodium dodecyl sulfate(SDS: $C_{12}H_{25}SO_4^- Na^+$)는 Aldrich제품(98%)을 재결정하여 사용하였으며 비이온 계면활성제인 Tetraethylene glycol monododecyl ether(TGME: $C_{12}H_{25}(OC_2H_4)_4OH$)와 NaCl은 Aldrich제품을 더 이상 정제하지 않고 바로 사용하였다. 또한 용액의 제조를 위하여 1차 증류수를 이온교환수지 시스템인 Banstead Co.의 Water-I system을 통과

시켜 정제한 물(전기저항값: 18.0 M Ω /cm)을 사용하였다. 혼합계면활성제의 임계미셀농도값을 측정하기 위하여 Dunoy ring type인 Kyowa Interface Co.의 자동표면장력계(모델명: CBVP-A3)를 사용하였으며, 측정하는 동안 용액의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 Pyrex 유리로 특수 제작한 용기를 Fischer Co.의 항온조(± 0.01 $^{\circ}$ C, 모델명: 9101)와 연결하여 용액 주위로 물을 환류시킴으로써 용액의 온도를 항상 25 $^{\circ}$ C로 일정하게 유지하였다.

용액 제조 및 CMC 결정. 용액 제조를 위하여 우선 SDS와 TGME의 저장용액(각각 농도가 0.1 M과 0.01 M임)들을 만들었으며, 이들 저장용액들을 정하여진 물분율 조성에 따라 일정한 부피비로 혼합하여 묽힘으로써 조성이 일정하며 농도가 각기 다른 12개의 혼합용액들을 만들었다. 이렇게 제조한 혼합용액들의 표면장력값을 측정하여 계면활성제의 농도값(자연대수값)에 대하여 도시하였을 때 기울기가 다른 두 직선이 얻어졌으며, 두 직선의 교점으로부터 임계미셀농도값(CMC*)을 결정하였다. 그리고 SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에서 NaCl의 효과를 조사하기 위하여 각 성분들의 저장용액들을 제조할 때와 혼합계면활성제의 저장용액을 묽힐 때 순수 물 대신에 NaCl의 저장용액을 사용함으로써 모든 용액에서 NaCl의 농도를 0.25 M과 0.5 M로 균일하게 유지하였다.

결과 및 고찰

25 $^{\circ}$ C의 순수 물 및 0.25 M과 0.5 M의 NaCl 수용액에서 SDS/TGME 혼합계면활성제의 임계미셀농도(CMC*)를 SDS의 물분율 조성(α_1)에 따라 측정하였

Table 1. Values of critical micelle concentration (CMC*) and thermodynamic parameters for micellization of SDS/TGME mixtures in pure water at 25 $^{\circ}$ C

α_1	CMC* ($\times 10^{-5}$ M)	X_1	a_1^M	a_2^M	$-\Delta H_{\text{mix}}$ (cal/mol)
1	759	1	1	0	0
0.79	19.9	0.088	0.021	0.900	83
0.58	10.5	0.071	0.008	0.917	99
0.41	7.89	0.031	0.004	0.967	37
0.20	5.92	0.010	0.002	0.989	11
0	4.79	0	0	1	0.

으며 그 결과를 각각 Table 1, 2 및 3에 나타내었다. 또한 Fig. 1에서는 이들 CMC*값들의 α_1 에 대한 변화를 도시하였으며, Fig. 1에서 보듯이 용액속에 NaCl을 첨가할수록 음이온 계면활성제인 SDS의 임계미셀농도값은 크게 감소하였지만 비이온 계면활성제인 TGME의 임계미셀농도값은 거의 변화가 없었다. 측정된 CMC*값들로부터 계산한 여러가지 열역학적 함수값들을 각각 Table 1, 2 및 3에 함께 나타내었다.

혼합계면활성제의 미셀화에서 각 계면활성제분자들은 동종 혹은 이종의 계면활성제분자들과 서로 다른 상호작용을 이룸으로써 미셀상에서 물분율 조성(X_1)과 전체 물분율 조성(α_1)은 큰 차이를 보이게 된다.²³⁻²⁵ SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에서 X_1 (성분 1은 SDS을 나타냄)의 값들을 α_1 에 대하여 Fig. 2에 도시하였다. Fig. 2에서 보듯이 NaCl을 첨가할수록 그래프가 대각선의 점선(이상적 혼합미셀 모델)에 접근함을 알 수 있다. 용액속에 NaCl을 첨가할수록 SDS분자들은 반대이온들과 결합함으로써

Table 2. Values of critical micelle concentration (CMC*) and thermodynamic parameters for micellization of SDS/TGME mixtures in 0.25 M NaCl at 25 $^{\circ}$ C

α_1	CMC* ($\times 10^{-5}$ M)	X_1	a_1^M	a_2^M	$-\Delta H_{\text{mix}}$ (cal/mol)
1	69.2	1	1	0	0
0.79	12.6	0.320	0.143	0.568	225
0.60	9.44	0.180	0.082	0.790	102
0.43	7.71	0.074	0.048	0.923	21
0.20	5.82	0.020	0.017	0.979	2
0	4.76	0	0	1	0

Table 3. Values of critical micelle concentration (CMC*) and thermodynamic parameters for micellization of SDS/TGME mixtures in 0.5 M NaCl at 25 $^{\circ}$ C

α_1	CMC* ($\times 10^{-5}$ M)	X_1	a_1^M	a_2^M	$-\Delta H_{\text{mix}}$ (cal/mol)
1	43.7	1	1	0	0
0.78	11.2	0.368	0.202	0.515	208
0.60	8.91	0.207	0.122	0.764	82
0.43	7.52	0.085	0.074	0.913	8
0.20	5.79	0.028	0.026	0.971	1
0	4.71	0	0	1	0

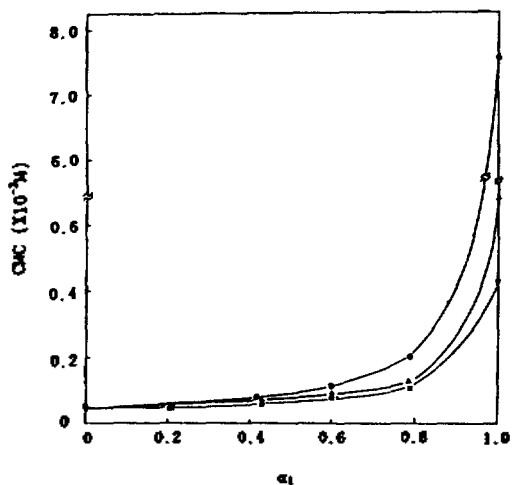


Fig. 1. Critical micelle concentrations(CMC) of SDS/TGME mixtures in pure water (●), in 0.25 M NaCl (▲), and in 0.5 M NaCl (■) at 25 °C. The plotted points are experimental data and the solid lines are the predictions of the nonideal mixed micelle model.

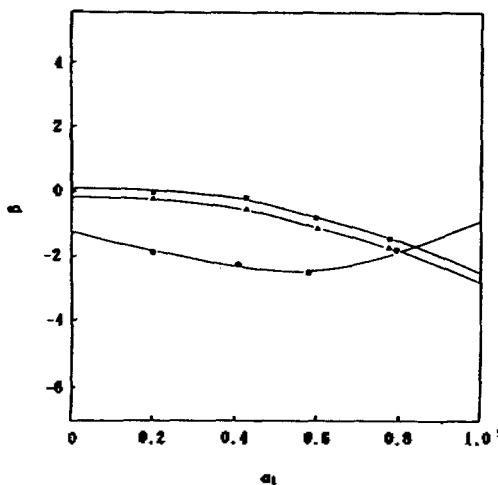


Fig. 3. Specific interaction parameter (β) between two components in the mixed micelle against overall mole fraction of SDS (α_1) for the micellization of SDS/TGME mixtures in pure water (●), in 0.25 M NaCl (▲), and in 0.5 M NaCl (■) at 25 °C.

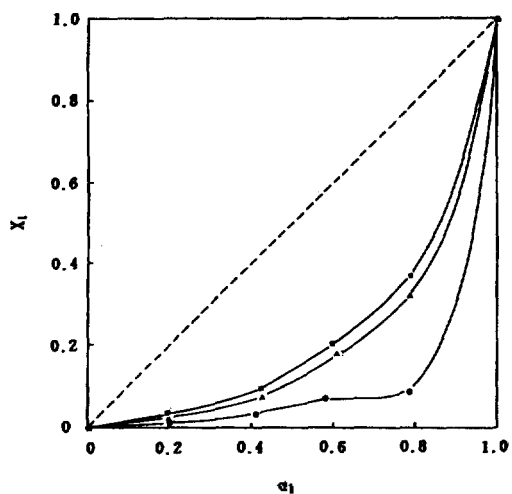


Fig. 2. Mole fraction of SDS in the mixed micelle (X_1) plotted against overall mole fraction of SDS (α_1) for the micellization of SDS/TGME mixtures in pure water (●), in 0.25 M NaCl (▲), and in 0.5 M NaCl (■) at 25 °C. The dotted line is the prediction of the ideal mixed micelle model.

미셀상에서 정전기적 반발력이 감소하게 되며 그 결과 더욱 많은 양의 SDS분자들이 미셀속으로 들어가게 된다.

미셀상에서 두 종류 계면활성제분자들 사이의 상

호작용의 세기를 나타내는 β 값은 X_1 의 함수로서 식 (7)에 의하여 계산할 수 있다. SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 β 값들을 계산하였으며, 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 순수 물에서 β 값의 평균값은 약 -2.1이었으며 0.25 M과 0.5 M NaCl 수용액에서는 각각 -0.9와 -0.7을 나타내었다. 이것은 평균적으로 순수 물에서 두 성분들 사이의 상호작용의 세기가 과량의 NaCl 수용액에서 두 성분들 사이의 상호작용의 세기보다 더욱 크다는 것을 의미한다.^{2,17} 즉 순수 물에서는 미셀상으로 존재하는 두 성분들의 head-그룹들 사이에 강한 이온/쌍극자 상호작용이 생기지만 과량의 NaCl 수용액에서는 용액속의 반대이온들에 의하여 그러한 강한 상호작용이 일어나지 않게 된다.

SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에서 미셀상으로 존재하는 각 성분들의 활동도계수값들(γ_1 과 γ_2)은 계산한 X_1 과 β 값들을 이용하여 식 (5)와 (6)에 의하여 계산하였으며, 그 결과를 각각 Fig. 4와 5에 도시하였다. 즉 Fig. 4에는 SDS분자의 활동도계수(γ_1)값을 그리고 Fig. 5에서는 TGME분자의 활동도계수값(γ_2)을 각각 α_1 에 대하여 도시하였다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 순수 물에서 γ_1 값은 이상적 혼합미셀모델(점선)로부터 큰 음의 벗어남을 나타내지만

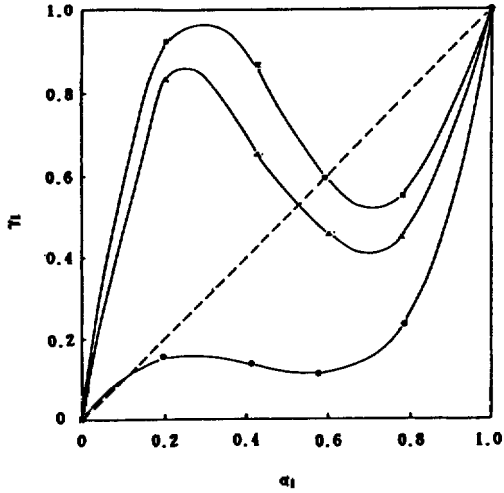


Fig. 4. Activity coefficient of SDS (γ_1) in the mixed micelle plotted against overall mole fraction of SDS (α_1) for the micellization of SDS/TGME mixtures in pure water (●), in 0.25 M NaCl (▲), and in 0.5 M NaCl (■) at 25 °C. The dotted line is the prediction of the ideal mixed micelle model.

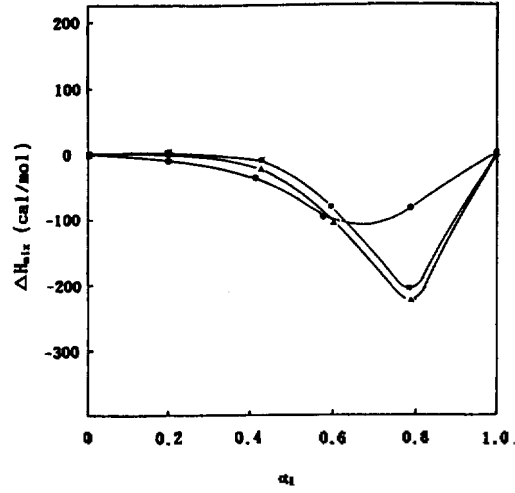


Fig. 6. Excessive enthalpy change of mixing (ΔH_{mix}) in the mixed micelle plotted against overall mole fraction of SDS (α_1) for the micellization of SDS/TGME mixtures in pure water (●), in 0.25 M NaCl (▲), and in 0.5 M NaCl (■) at 25 °C.

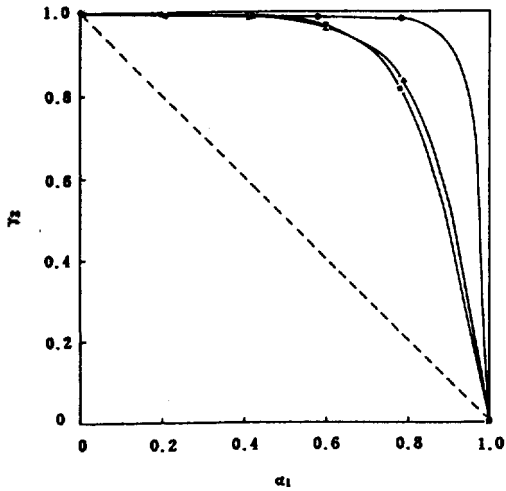


Fig. 5. Activity coefficient of TGME (γ_2) in the mixed micelle plotted against overall mole fraction of SDS (α_1) for the micellization of SDS/TGME mixtures in pure water (●), in 0.25 M NaCl (▲), and in 0.5 M NaCl (■) at 25 °C. The dotted line is the prediction of the ideal mixed micelle model.

과량의(0.25 M과 0.5 M) NaCl수용액에서는 α_1 의 값이 0.5를 전후하여 커다란 변화를 보이고 있다. 이러한 현상들은 음전하를 띄고 있는 SDS분자들의

head-그룹($-\text{SO}_4^-$)과 용매분자들과의 친화력이 첨가한 NaCl의 농도에 따라 변화하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 Fig. 5에서 알 수 있듯이 γ_2 의 값은 이상적 혼합미셀모델로부터 큰 양의 벗어남을 보이며 용액속에 NaCl을 과량으로 첨가하여도 TGME 분자의 head-그룹이 비이온이기에 큰 변화를 보이지 않는다.

혼합미셀상으로 존재하는 각 성분들의 활동도(a_i^M)를 식 (1)에 의하여 계산하였으며, 각 용매에 대한 결과를 각각 Table 1, 2 및 3에 나타내었다. 순수 물에서 SDS분자의 활동도는 매우 작은 값을 나타내며 용액속에 NaCl을 첨가할수록 약간 증가하는 경향을 보인다. 이에 반하여 TGME분자의 활동도는 매우 큰 값을 그리고 NaCl을 첨가할수록 점차 작아지는 경향을 보인다. 이것은 SDS분자들보다는 TGME분자들이 혼합미셀속으로 더욱 많이 들어감을 나타내며 또한 용액속에 NaCl을 첨가할수록 SDS 분자들 사이에 정전기적 반발력이 감소함으로써 SDS분자들이 점차 혼합미셀속으로 많이 들어가게 됨을 의미한다.

미셀상에서 두 종류의 계면활성제분자들이 서로 혼합됨으로써 계의 전체 엔탈피값(ΔH_{mix} ; the excessive enthalpy change of mixing)은 변하게 되며

일반적으로 ΔH_{mix} 값은 X_1 과 β 값의 함수로서 식 (12)과 같이 표현된다.^{2,20} 단 여기서 R 과 T 는 각각 기체상수와 절대온도를 나타낸다.

$$\Delta H_{mix} = X_1(1-X_1) \beta RT \quad (12)$$

SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 ΔH_{mix} 값들을 각각 Table 1, 2 및 3에 나타내었으며 이들 ΔH_{mix} 값들의 물분율 조성(α_1)에 따른 변화를 Fig. 6에 도시하였다. ΔH_{mix} 값들은 모두 음의 값을 나타내었으며, 각 용액에서 ΔH_{mix} 값은 α_1 의 증가에 따라 감소하다가 증가하는 경향을 보였다. 이것은 혼합미셀상에서 SDS분자와 TGME분자들 사이에 상호인력이 생김으로써 두 성분들이 미셀상에서 서로 혼합되는 것이 단일 성분만으로 미셀상을 이룰 때보다 더욱 열역학적으로 안정화됨을 나타낸다.

결 론

SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화에서 미셀상으로 존재하는 두 성분들의 head-그룹들 사이에는 이온/쌍극자 상호작용 및 수소결합 등에 의한 인력이 작용하게 되며 두 성분들의 tail-그룹들 사이에는 소수성 인력이 발생하게 된다. 또한 미셀상에서 TGME분자들은 SDS분자들의 head-그룹들 사이에 발생하는 정전기적 반발력을 줄이게 된다. 그 결과 SDS/TGME 혼합계면활성제의 미셀화는 촉진되었으며 또한 미셀화로 인한 임계미셀농도 및 여러가지 열역학적 함수값들이 이상적 혼합미셀모델로부터 크게 벗어남을 보였다. 한편 0.25 M과 0.5 M의 NaCl 수용액에서는 미셀상으로 존재하는 SDS분자들의 head-그룹들과 반대이온(Na^+)들 사이에 강한 정전기적 결합을 이루게 됨으로써 SDS와 TGME분자들 사이에 강한 정전기적 상호작용이 일어나기 어렵게 되며 오직 tail-그룹들 사이에 소수성 인력만이 작용하게 된다. 그 결과 두 성분들은 서로 구분없이 상호 협력적으로 혼합미셀을 이루게 된다.

인 용 문 헌

1. Ueno, M.; Asano, H. In *Mixed Surfactant Systems*; Ogino, K.; Abe, M., Ed.; Marcel Dekker, Inc.: New York, U. S. A., 1993; p 258.
2. Holland, P. M. In *Mixed Surfactant Systems*; Hol-

- land, P. M.; Rubingh, D. N., Ed.; ACS Symposium Series, American Chemical Society: Washington, DC, U. S. A., 1992; p 31.
3. Nugara, N.; Prapaitrakul, W.; King, Jr. A. D. *J. Colloid Interface Sci.* **1987**, *120*, 118.
4. Muto, Y.; Asada, M.; Takasawa, A.; Esumi, K.; Meguro, K. *J. Colloid Interface Sci.* **1988**, *124*, 632.
5. Treiner, C.; Nortz, M.; Vaution, C.; Puisieux, F. *J. Colloid Interface Sci.* **1988**, *125*, 261.
6. Lee, B. H.; Christian, S. D.; Tucker, E. E.; Scamehorn, J. F. *Langmuir* **1991**, *7*, 1332.
7. Clint, J. H. In *Surfactant Aggregation*; Chapman and Hall: New York, 1992; p 130.
8. Nikas, Y. J.; Puvvada, S.; Blankschtein, D. *Langmuir* **1992**, *8*, 2680.
9. Margues, E.; Khan, A.; Miguel, M. da G.; Lindman, B. *J. Phys. Chem.* **1993**, *97*, 4729.
10. Esumi, K.; Ogawa, M. *Langmuir* **1993**, *9*, 358.
11. Guo, W.; Guzman, E. K.; Heavin, S. D.; Li, Z.; Fung, B. M.; Christian, S. D. *Langmuir* **1992**, *8*, 2368.
12. Lee, B. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **1993**, *37*, 562.
13. Nishikido, N.; Moroi, Y.; Matuura, R. *Bull. Chem. Soc. Japan* **1975**, *5*, 1387.
14. Warr, G. G.; Greiser, F.; Healy, T. W. *J. Phys. Chem.* **1983**, *87*, 1220.
15. Clint, J. H. *J. Chem. Soc. Faraday Trans. I* **1975**, *71*, 946.
16. Miyagishi, S.; Higashida, M.; Asakawa, T.; Nishida, M. *Langmuir* **1991**, *7*, 51.
17. Holland, P. M.; Rubingh, D. N. *J. Phys. Chem.* **1983**, *87*, 1984.
18. Samoria, C.; Puvvada, S.; Blankschtein, D. *Langmuir* **1992**, *8*, 2690.
19. Mukerjee, P.; Yang, A. Y. S. *J. Phys. Chem.* **1976**, *80*, 1388.
20. Rathman, J. F.; Christian, S. D. *Langmuir* **1990**, *6*, 391.
21. Lee, B. H.; Christian, S. D.; Tucker, E. E.; Scamehorn, J. F. *J. Phys. Chem.* **1991**, *95*, 360.
22. Lee, B. H.; Christian, S. D.; Tucker, E. E.; Scamehorn, J. F. *Langmuir* **1990**, *6*, 230.
23. Bakshi, M. S.; Crisantino, R.; Lisi, R. De; Milioto, S. *J. Phys. Chem.* **1993**, *97*, 6914.
24. Kamrath, D. F.; Franses, E. I. *J. Phys. Chem.* **1984**, *88*, 1642.
25. Kamrath, D. F.; Franses, E. I. In *Surfactants in Solution*; Mittal K. L., Ed.; Plenum Press: New York, 1984; p 129.