

순수 물에서 SDS/Brij 30, DBS/Brij 30 및 SDS/DBS 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 비교연구

이병환* · 박인정

한국기술교육대학교 응용화학공학과

(접수 2011. 3. 15, 수정; 2011. 4. 4; 게재확정 2011. 4. 8)

Comparative Study on the Micellization of SDS/Brij 30, DBS/Brij 30, and SDS/DBS Mixed Surfactant Systems in Pure Water

Byung-Hwan Lee* and In-Jung Park

Department of Applied Chemical Engineering, Korea University of Technology & Education, Cheonan, Chungnam 333-860, Korea

(Received March 15, 2011; Revised April 4, 2011; Accepted April 8, 2011)

요약. 25 °C의 순수 물에서 음이온성 계면활성제인 DBS(sodium dodecyl benzenesulfonate)와 SDS(sodium dodecylsulfate) 그리고 비이온성 계면활성제인 Brij 30(polyoxyethylene(4) lauryl ether) 사이의 혼합미셀화에 대한 임계미셀농도(CMC)와 반대이온의 결합상수값(B)을 전도도법과 표면장력계법으로 측정하였다. 이와 같이 측정한 CMC값에 비이상적 혼합미셀화 모델을 적용함으로써 여러 가지 열역학적 함수값(X_i , γ_i , C_i , a_i^M , β 및 ΔH_{mix})들을 계산하여 상호 비교분석하였다. 그 결과, SDS는 DBS보다 Brij 30과 더욱 강한 상호작용을 이루었으며, SDS/Brij 30 혼합계면활성제가 이상적 혼합미셀화로부터 가장 큰 음의 벗어남을 보였다. 그리고 SDS/DBS 혼합계면활성제는 거의 이상적 혼합미셀화를 이루는 것으로 나타났다.

주제어: DBS, SDS, Brij 30, 임계미셀농도, 반대이온 결합상수, 비이상적 혼합미셀 모델

ABSTRACT. The critical micelle concentration (CMC) and the counter ion binding constant (B) for the mixed micellizations of DBS (sodium dodecylbenzenesulfonate), SDS (sodium dodecylsulfate), and Brij 30 (polyoxyethylene(4) lauryl ether) at 25 °C in pure water were determined by the use of electric conductivity and surface tension measuring methods. Various thermodynamic parameters (X_i , γ_i , C_i , a_i^M , β , and ΔH_{mix}) were calculated and compared with each other mixed surfactant system by means of the equations derived from the nonideal mixed micellar model. The results show that the SDS molecule interacts more strongly with Brij 30 molecule than DBS molecule and that the SDS/Brij 30 mixed surfactant system has the greatest negative deviation from the ideal mixed micellar model and the SDS/DBS mixed system has followed almost the ideal mixed micellar model.

Keywords: DBS, SDS, Brij 30, Critical micelle concentration, Counter ion binding constant, Non ideal mixed micellar model

서 론

계면활성제의 생산과정에는 여러 종류의 계면활성제가 동시에 생성되든지 혹은 미반응의 유기물질들이 다량 함유되어 실생활에서는 혼합된 계면활성제가 많이 이용되고 있다.^{1,2} 혼합계면활성제는 단일 성분의 계면활성제가 나타낼 수 없는 특수한 물리적 및 화학적인 성질을 나타내며, 이러한 혼합계면활성제의 특성을 페인트, 화장품, 농약제조업과 같은 산업현장에 응용하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다.³⁻¹³ 특히 이러한 혼합미셀화 현상을 연구하기 위하여 유사상태분리 모델을 기초로 하는 비이상적 혼합미셀 모델을 많이 이용하여 분석하고 있다.¹⁴⁻¹⁸

본 연구에서는 음이온성 계면활성제인 DBS($C_{12}H_{24}C_6H_4SO_3Na^+$)와 SDS($C_{12}H_{24}SO_4Na^+$) 그리고 비이온성 계면활성제인 Brij 30($C_{12}H_{25}(OCH_2CH_2)_4OH$)을 서로 혼합한 혼합계면활성제들의 미셀화에 대하여 조사하여 서로 비교 분석하고자 한다. 즉, 계면활성제의 머리-그룹의 종류에 따라 혼합미셀 속에서 두 성분들의 상호작용의 세기가 어떻게 달라지며 또한 이런 인자들이 혼합계면활성제의 미셀화에 어떤 영향을 미치는지를 조사하고자 하였다. 지금까지 여러 종류의 혼합계면활성제에 대한 연구가 많이 진행되었지만, 이러한 음이온성/비이온성과 음이온성/음이온성 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 상호비교연구는 진행 되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 순수 물에서

SDS/ Brij 30, DBS/Brij 30 그리고 SDS/DBS 혼합계면활성제의 미셀화에 대하여 임계미셀농도(CMC)와 반대이온 결합상수(B)값을 전도도법으로 측정하였으며, 측정된 값들에 비이상적 혼합미셀 모델을 적용하여 여러 열역학적 함수값들을 계산하고 서로 비교분석하고자 한다.

실 험

계면활성제인 SDS, DBS 및 Brij 30는 순도가 95% 이상인 Aldrich사의 제품을 더 이상 정제하지 않고 바로 사용하였으며, 측정방법과 사용한 기기는 전편의 논문에서와 같은 방법을 사용하였다.^{14,17,19} 즉, 순수 SDS, DBS 및 혼합계면활성제의 임계미셀농도(CMC)와 반대이온결합상수(B)값은 전도도 측정법으로 결정하였으며, 순수 Brij 30의 임계미셀농도는 표면장력 측정법으로 결정하였다. 용액 제조를 위해 각 계면활성제를 농도가 0.05 M인 저장용액을 만들었으며, 이들 저장용액들을 일정한 부피비로 혼합함으로써 조성이 고정된 혼합계면활성제의 저장용액을 만들 수 있었다. 이렇게 제조한 저장용액을 동일한 용매로 묽혀서 계면활성제의 농도가 서로 다른 12개의 용액을 만들어서 각 용액의 전도도 값과 표면장력 값을 측정하였다. 용액의 전도도 값을 계면활성제의 농도에 대하여 도시하였을 때 두 직선이 얻어졌으며, 두 직선의 교차점으로부터 임계미셀농도(CMC)값을 그리고 두 직선의 기울기의 비로부터 반대이온결합상수(B)값을 결정하였다.^{19,20} 실험은 25 °C에서 행하여 졌으며, 온도를 일정하게

유지하기 위하여 측정된 모든 용액을 항온조에 30분 이상 담근 후 측정하였다.

결과 및 고찰

25 °C의 순수 물에서 서로 다른 2종류의 계면활성제를 혼합한 DBS/Brij 30, SDS/DBS 및 SDS/Brij 30 혼합시스템의 CMC값을 α_1 의 변화에 따라 측정하였으며, 그 결과를 각각 Table 1, 2, 및 3에 나타내었다. 그리고 각 혼합시스템에 대하여 α_1 에 따른 CMC값의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 여기서 보면 알 수 있듯이 세 종류의 혼합계면활성제들은 모두 α_1 의 증가에 따라 CMC값이 점차적으로 증가함을 보였다. 또한 모든 물분율에서 DBS/Brij 30가 가장 작은 CMC값을 그리고 SDS/DBS가 가장 큰 CMC값을 나타내고 있으며, SDS/Brij 30 혼합시스템은 위의 두 혼합시스템의 중간 값을 나타내고 있다. 이것은 Brij 30분자는 SDS분자보다 탄소사슬의 길이가 보다 긴 DBS분자와 혼합미셀화를 더욱 잘 이룸을 나타낸다. 한편 혼합미셀 상에서 반대이온(Na^+)들의 결합상수(B)값을 각 혼합계면활성제에 대하여 측정하였으며, 그 값들을 Table 1~3에 함께 나타내었다. 각 혼합시스템의 미셀화에 대하여 측정된 B의 값도 α_1 값이 증가함에 따라 모두 증가하는 현상을 보였으며, 특히 SDS/Brij 30과 DBS/Brij 30 시스템보다 SDS/DBS 시스템에 대한 B값이 더욱 큰 값을 나타내고 있다. 이것은 음의 전하를 띠는 SDS와 DBS분자들의 머리-그룹들은 Brij 30분자들의 비이온성인 머리-그룹과 강한

Table 1. Values of the measured CMC(± 0.01 mM) and calculated thermodynamic parameters from the nonideal mixed micellar model for the micellization of DBS/Brij 30 mixed surfactant systems in pure water at 25 °C

α_1	CMC (mM)	X_1	β	γ_1	γ_2	a_1^M	a_2^M	ΔH_{mix} (cal/mol)	C_1 (mM)	C_2 (mM)	B	ΔG_m° (kcal/mol)
0	2.42	0	-	0	1	0	1	-	0	2.42	0	-5.95
0.2	2.44	0.17	-0.76	0.592	0.978	0.10	0.81	-65	0.49	1.95	0.14	-6.77
0.4	2.46	0.33	-0.96	0.650	0.901	0.21	0.61	-124	0.98	1.48	0.16	-6.89
0.6	2.53	0.46	-1.20	0.705	0.776	0.32	0.42	-177	1.52	1.01	0.19	-7.04
0.8	3.10	0.62	-1.05	0.859	0.668	0.53	0.26	-147	2.48	0.62	0.23	-7.13
1	4.68	1	-	1	0	1	0	-	4.68	0	0.30	-7.22

Table 2. Values of the measured CMC(± 0.01 mM) and calculated thermodynamic parameters from the nonideal mixed micellar model for the micellization of SDS/DBS mixed surfactant systems in pure water at 25 °C

α_1	CMC (mM)	X_1	β	γ_1	γ_2	a_1^M	a_2^M	ΔH_{mix} (cal/mol)	C_1 (mM)	C_2 (mM)	B	ΔG_m° (kcal/mol)
0	4.68	0	-	0	1	0	1	-	0	4.68	0.30	-7.22
0.2	5.00	0.14	-0.22	0.928	0.996	0.13	0.86	-15.7	1.09	4.00	0.33	-7.34
0.4	5.56	0.28	-0.09	0.955	0.993	0.27	0.71	-10.8	2.22	3.34	0.37	-7.47
0.6	6.29	0.46	-0.02	0.994	0.992	0.46	0.54	-2.94	3.77	2.51	0.43	-7.69
0.8	7.20	0.70	+0.02	0.999	0.990	0.70	0.30	+2.51	5.74	1.41	0.52	-8.06
1	8.26	1	-	1	0	1	0	-	8.26	0	0.63	-8.51

Table 3. Values of the measured CMC(± 0.01 mM) and calculated thermodynamic parameters from the nonideal mixed micellar model for the micellization of SDS/Brij 30 mixed surfactant systems in pure water at 25 °C

α_1	CMC (mM)	X_1	β	γ_1	γ_2	a_1^M	a_2^M	ΔH_{mix} (cal/mol)	C_1 (mM)	C_2 (mM)	B	ΔG_m^0 (kcal/mol)
0	2.42	0	-	0	1	0	1	-	0	2.42	0	-5.95
0.2	2.52	0.15	-1.20	0.418	0.975	0.06	0.83	-88	0.50	2.02	0.09	-6.45
0.4	2.69	0.27	-1.34	0.488	0.909	0.13	0.67	-155	1.08	1.61	0.14	-6.71
0.6	3.11	0.38	-1.33	0.598	0.827	0.23	0.51	-185	1.87	1.24	0.19	-6.90
0.8	4.06	0.52	-1.27	0.750	0.706	0.39	0.34	-187	3.25	0.81	0.35	-7.61
1	8.26	1	-	1	0	1	0	-	8.26	0	0.63	-8.51

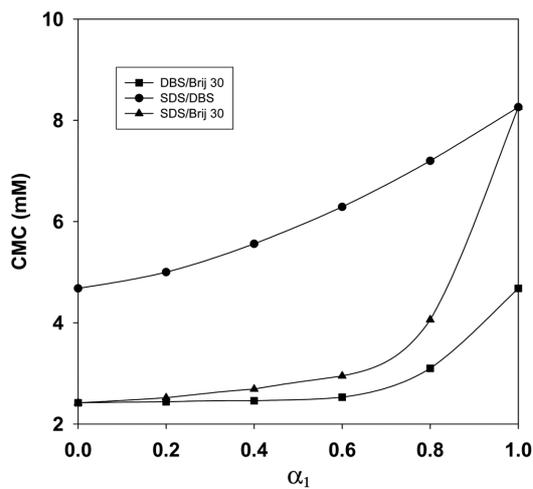


Fig. 1. Plots of CMC (mM) versus α_1 for the micellization of DBS/Brij 30 (■), SDS/DBS (●), and SDS/Brij 30 (▲) mixed surfactant systems in pure water at 25 °C.

이온-쌍극자 결합을 이루기 때문이라고 사료된다. Table 1~3에 있는 각 혼합시스템에 대하여 측정된 CMC와 B값을 이용하면 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 Gibbs 자유에너지의 변화량(ΔG_m^0)을 식 (1)에 의하여 계산할 수 있다. 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대하여 계산한 ΔG_m^0 값들은 모두 음의 값을 나타내었으며, 그 결과를 각 Table에 함께 나타내었다. 모든 혼합시스템의 미셀화에 대한 ΔG_m^0 값은 α_1 의 증가에 따라 감소하는 경향을 보였으며, SDS/DBS 시스템은 모든 α_1 에서 다른 두 혼합시스템과 비교하여 더욱 작은 ΔG_m^0 값을 나타내고 있다.

$$\Delta G_m^0 = (1+B)RT \ln CMC \quad (1)$$

임의의 α_1 에서 측정된 혼합계면활성제의 CMC값과 순수 계면활성제의 임계미셀농도인 CMC_1 과 CMC_2 를 비이상적 혼합미셀 모델인 식 (2)에 대입하면 미셀 상에서 1성분의 몰분율(X_1)값을 계산할 수 있다. 이 식을 이용하여 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대하여 임의의 α_1 에서 X_1 을 계산하여 각각 Table 1~3에 함께 나타내었으며, 또한 α_1 에 따른 X_1 의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 여기서 알 수

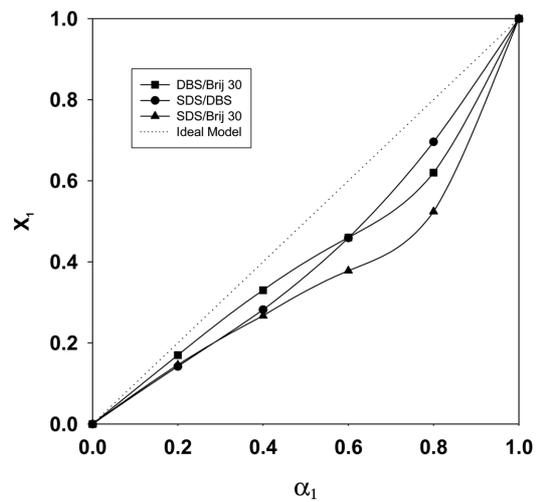


Fig. 2. Plots of X_1 versus α_1 for the micellization of DBS/Brij 30 (■), SDS/DBS (●), and SDS/Brij 30 (▲) mixed surfactant systems in pure water at 25 °C.

있듯이 SDS/DBS 혼합시스템의 미셀화는 거의 이상적 혼합미셀화를 따르고 있으며(즉, 대각선과 거의 일치하고 있으며), 이것은 음이온성인 SDS와 DBS분자들이 거의 차별없이 혼합미셀을 이룸을 나타낸다. 이에 반하여 SDS/Brij 30 시스템과 DBS/Brij 30 시스템은 이상적 혼합미셀화로부터 큰 음의 벗어남을 보이고 있으며, 이것은 비이온성인 Brij 30분자가 음이온성인 DBS와 SDS분자들과 강한 이온-쌍극자 상호작용을 이룸을 나타낸다. 특히 Fig. 2에 의하면 Brij 30분자들은 DBS분자들보다 SDS분자들과 더욱 강한 상호작용을 이룸을 알 수 있다.

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

혼합미셀 상에서 두 종류의 계면활성제분자들 사이에 소수성 인력 혹은 정전기적 반발력과 같은 상호작용의 세기를 나타내는 상호인력상수(β)값은 X_1 과 CMC값의 함수로서 식 (3)과 같이 표현된다.^{16,17,22} 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 Table 1~3의 X_1 과 CMC값들을 이용하여 임의의 α_1 에서 β 값들을 계산하였으며, 그 결과를 각

Table에 나타내었다. 세 종류 혼합계면활성제에 대한 β 값들은 거의 모든 α_1 의 값에서 음의 값을 나타내었다. 각 α_1 에서 DBS/Brij 30 시스템보다는 SDS/Brij 30 시스템의 β 값이 더욱 작은 값을 나타내었으며, 특히 SDS/DBS 혼합 시스템은 다른 두 혼합시스템의 β 값보다 더욱 큰 값을 나타내었다. 이것은 DBS분자보다 SDS분자가 비이온성인 Brij 30분자와 더욱 강한 상호작용을 이루며 또한 같은 음이온성 계면활성제인 SDS분자와 DBS분자들은 머리-그룹들 간의 정전기적 반발력에 의하여 두 분자들의 상호작용이 그만큼 약해졌기 때문이다. DBS/Brij 30 시스템에 대한 β 값의 평균값은 -0.99를, SDS/Brij 30 시스템에 대한 평균값은 -1.28를 그리고 SDS/DBS 시스템에 대한 평균값은 -0.08으로서 거의 0에 가까운 수치를 나타내고 있다.

$$\beta = \{1/(1-X_1)^2\} \ln[(\alpha_1 CMC)/(X_1 CMC_1)] \quad (3)$$

혼합미셀 상에서 두 성분들이 서로 혼합됨으로써 생기는 엔탈피 변화값(ΔH_{mix})은 X_1 과 β 값의 함수로서 식 (4)와 같이 계산할 수 있다.²² 각 혼합시스템의 미셀화에 대하여 ΔH_{mix} 값을 계산하였으며, 그 값들을 각 Table에 나타내었다. 여기서 알 수 있듯이 각 혼합시스템에 대한 ΔH_{mix} 값들은 β 값처럼 음의 값을 나타내었다. 이것은 혼합미셀 상에서 두 성분들이 서로 혼합됨으로써 열역학적으로 더욱 안정화됨을 의미한다. 모든 α_1 에서 DBS/Brij 30 시스템의 ΔH_{mix} 값보다는 SDS/Brij 30 시스템의 ΔH_{mix} 값이 더욱 작은 값을 나타내었으며, SDS/DBS 시스템의 ΔH_{mix} 값이 가장 큰 값을 나타내고 있다. 이것은 β 값과 마찬가지로 Brij 30분자들이 DBS분자보다 SDS분자들과 혼합미셀 상에서 더욱 강한 상호작용을 이루며 또한 SDS분자와 DBS분자들 사이에는 가장 약한 인력이 작용하고 있음을 의미한다. DBS/Brij 30 시스템에 대한 ΔH_{mix} 값의 평균값은 -128 cal/mol을, SDS/Brij 30 시스템에 대한 평균값은 -154 cal/mol을 그리고 SDS/DBS 시스템에 대한 평균값은 -6.7 cal/mol으로 나타났다.

$$\Delta H_{\text{mix}} = X_1(1-X_1)\beta RT \quad (4)$$

비이상적 혼합미셀 모델에 의하면 혼합미셀 상에서 각 성분들의 활동도계수($\gamma_i = \exp\{\beta(1-X_i)^2\}$)는 X_i 과 β 값의 함수로서 계산할 수 있다.^{19,22} Table 1~3의 X_i 과 β 값을 대입함으로써 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 γ_1 과 γ_2 를 계산하였다. 각 혼합시스템에 대하여 계산한 결과를 각 Table에 함께 나타내었으며, 또한 α_1 에 따른 이들 값의 변화를 Fig. 3과 4에 각각 나타내었다. 여기서 알 수 있듯이 각 혼합시스템에 대한 γ_1 과 γ_2 값들은 모두 이상적 혼합미셀화로부터 큰 양의 벗어남을 보였으며, 특히 SDS/DBS 혼합시스템에 대한 γ_1 과 γ_2 값들이 다른 두 음이온성/비이

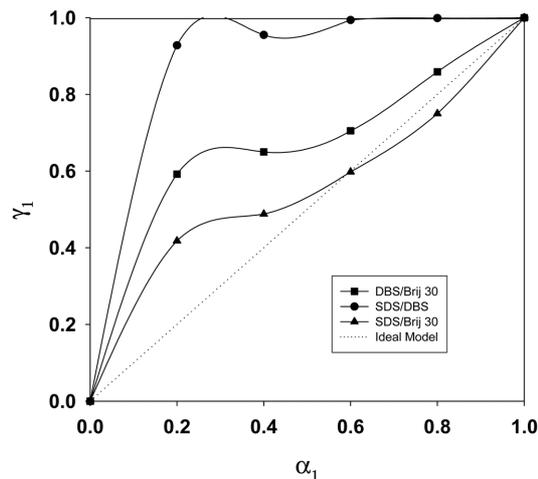


Fig. 3. Plots of γ_1 versus α_1 for the micellization of DBS/Brij 30 (■), SDS/DBS (●), and SDS/Brij 30 (▲) mixed surfactant systems in pure water at 25 °C.

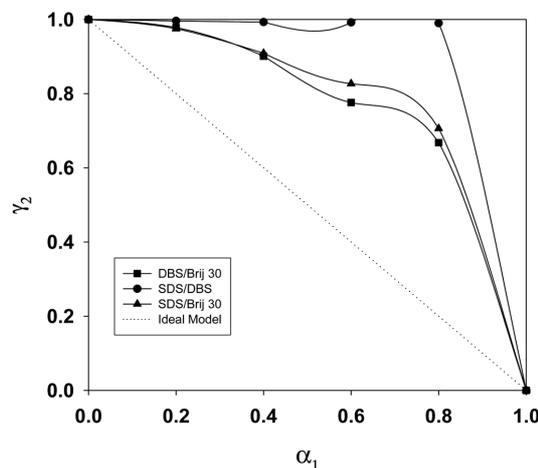


Fig. 4. Plots of γ_2 versus α_1 for the micellization of DBS/Brij 30 (■), SDS/DBS (●), and SDS/Brij 30 (▲) mixed surfactant systems in pure water at 25 °C.

온성 혼합시스템에 대한 값들보다 더욱 큰 양의 벗어남을 나타내고 있다. 이러한 현상은 음이온성 계면활성제인 SDS와 DBS분자들은 정전기적 반발력이 서로 작용함으로써 두 성분들간에 서로 구별없이 혼합미셀을 이루기 때문이라고 판단된다. 용액 상에서 혼합미셀을 이루지 않고 단량체 상으로 존재하는 각 성분들의 몰농도($C_i = \gamma_i X_i CMC_i$)는 γ_i 의 값을 이용하면 쉽게 계산할 수 있다. 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대하여 이와 같이 계산한 C_1 과 C_2 값을 각 Table에 함께 나타내었으며, 또한 각 혼합계면활성제의 미셀화에 대한 C_2 의 값을 C_1 에 대하여 Fig. 5에 나타내었다. 여기서 그래프의 위쪽은 혼합미셀을 형성하는 영역이며 아래쪽은 두 성분들이 혼합미셀을 이루지 못하고 단량체 상으로 존재하는 영역을 나타낸다. Fig. 5에 의하

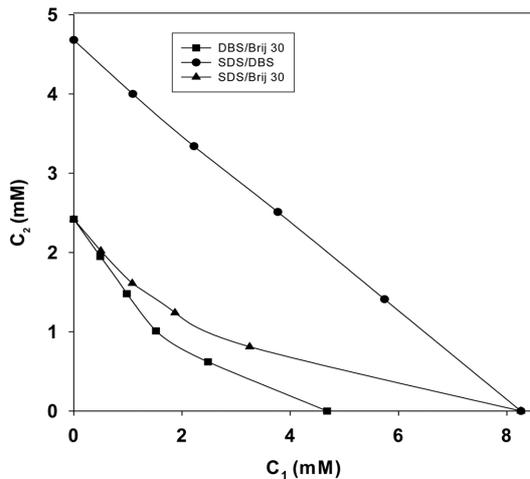


Fig. 5. Plots of $C_2(mM)$ versus $C_1(mM)$ for the micellization of DBS/Brij 30 (■), SDS/DBS (●), and SDS/Brij 30 (▲) mixed surfactant systems in pure water at 25 °C.

면 SDS/DBS 시스템에 대한 그래프가 거의 직선을 이루며 또한 SDS/Brij 30 시스템이나 DBS/Brij 30 시스템보다 혼합미셀을 이루는 영역이 훨씬 적음을 알 수 있다. 이것은 동일한 전하를 띠는 SDS와 DBS분자들이 서로 구분없이 이상적으로 혼합미셀을 이루고 있음을 나타낸다. 이에 반하여 이들 SDS와 DBS분자들은 Brij 30분자와 강한 인력에 의하여 혼합미셀화가 더욱 촉진되어서 이상적 혼합미셀화로 부터 크게 음의 벗어남을 보이게 되며 또한 혼합미셀을 이루는 영역이 더욱 넓게 나타나게 된 것이다.

한편 미셀 상을 열역학적으로 분리된 하나의 상으로 취급하고 순수 성분 상태를 미셀상의 표준상태로 정하면 미셀 상에서 각 성분들의 활동도($a_i^M = \gamma_i X_i$)는 γ_i 와 X_i 의 함수로서 계산할 수 있으며, 각 혼합시스템에 대한 Table 1~3의 γ_i 와 X_i 의 값을 이용하여 각 혼합시스템에 대한 a_1^M 과 a_2^M 의 값을 계산하였으며, 그 결과를 각 Table에 함께 나타내었다. 또한 각 혼합시스템에서 a_1^M 에 대한 a_2^M 의 값을 Fig. 6에 도시하였다. Table 1~3에서 보면 각 혼합시스템의 미셀화에서 a_1^M 은 모두 α_1 에 비하여 작은 값을 나타내었으며 또한 a_2^M 은 α_2 에 비하여 오히려 큰 값을 나타내었다. Fig. 6에 의하면 SDS/DBS 시스템은 거의 이상적 혼합미셀화(점선의 대각선)를 따르며, SDS/Brij 30 혼합시스템과 DBS/Brij 30 혼합시스템은 이상적 혼합미셀화로부터 큰 음의 벗어남을 보이고 있다. 이러한 현상들은 다른 열역학적 함수값들과 마찬가지로 SDS와 DBS분자들이 Brij 30분자와 상호인력에 의하여 강한 결합을 이루기 때문이며 또한 SDS분자와 DBS분자들 사이에는 혼합미셀 속에서 서로 정전기적 반발력이 작용하고 있음을 나타낸다. 그리고 Table 1~3에 의하면 a_1^M 의 값은 DBS/Brij 30 혼합시스템이 SDS/Brij 30 혼합시스템보다 큰 값을

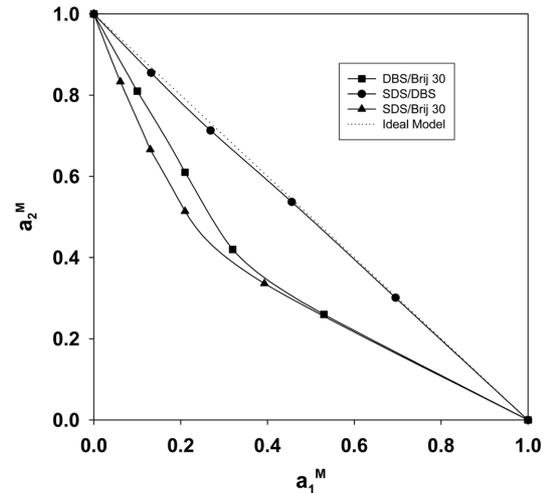


Fig. 6. Plots of a_2^M versus a_1^M for the micellization of DBS/Brij 30 (■), SDS/DBS (●), and SDS/Brij 30 (▲) mixed surfactant systems in pure water at 25 °C.

나타내었으며, a_2^M 의 값은 SDS/Brij 30 혼합시스템이 오히려 DBS/Brij 30 혼합시스템보다 큰 값을 나타내고 있다.

결론

SDS/Brij 30, DBS/Brij 30 및 SDS/DBS 혼합시스템의 미셀화에 대한 CMC값을 측정하여 비이상적 혼합미셀 모델을 적용하여 봄으로써 SDS/Brij 30 시스템과 DBS/Brij 30 시스템은 혼합미셀 상에서 두 성분들의 머리-그룹들 사이에 이온-쌍극자 상호작용으로 인하여 두 혼합시스템 모두 이상적 혼합미셀화로부터 크게 음의 벗어남을 알 수 있었다. 이에 반하여 SDS/DBS 혼합시스템은 두 성분들이 서로 구분이 없이 거의 이상적 혼합미셀화를 따르는 것으로 나타났다. 음이온성 계면활성제와 비이온성계면활성제(Brij 30)를 혼합하였을 때에는 혼합미셀 상에서 비이온성인 Brij 30분자가 음이온성 계면활성제인 SDS와 DBS분자들보다 더욱 많이 존재하게 된다. 그러나 음이온성 계면활성제인 SDS와 DBS를 혼합하였을 때에는 두 성분들 사이에 정전기적 반발력으로 인하여 두 성분들이 상호구분이 없어지게 되어 거의 동등한 비율로 혼합미셀을 형성하게 된다. 혼합미셀 상에서 두 성분들의 상호작용의 세기를 나타내는 β 값과 ΔH_{mix} 값을 서로 비교하여 봄으로써 이러한 사실들을 알 수 있었다. 즉, SDS/Brij 30 시스템과 DBS/Brij 30 시스템의 미셀화에 대한 β 값의 평균값은 각각 -1.28과 -0.99으로서 비교적 작은 값을 나타내었다. 그러나 SDS/DBS 혼합시스템에 대한 β 값의 평균값은 -0.08로서 거의 0에 가까운 수치를 보였다. 한편 SDS/Brij 30 시스템과 DBS/Brij 30 시스템에 대한 ΔH_{mix} 값의

평균값은 각각 -154 cal/mol과 -128cal/mol을 나타내었으며, SDS/DBS 시스템에 대한 ΔH_{mix} 값의 평균값은 -7 cal/mol을 나타내고 있다.

감사의 글

본 연구는 한국기술교육대학교의 2010년도 교육연구진흥비에 의하여 수행한 결과이며, 연구지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Efrat, R.; Abramov, Z.; Aserin, A.; Garti, N. *J. Phys. Chem. B* **2010**, *114*, 10709.
- Cui, X.; Jiang, Y.; Yang, C.; Lu, X.; Chen, H.; Mao, S.; Liu, M.; Yuan, H.; Luo, P.; Du, Y. *J. Phys. Chem. B* **2010**, *114*, 7808.
- Tsamaloukas, A. S.; Beck, A.; Heerklotz, H. *Langmuir* **2009**, *25*, 4393.
- Dong, S.; Xu, G.; Hoffmann, H. *J. Phys. Chem. B* **2008**, *112*, 9371.
- Din, K.; Rub, M. A.; Naqvi, A. Z. *J. Phys. Chem. B* **2010**, *114*, 6354.
- Sakai, K.; Matsuhashi, K.; Honya, A.; Oguchi, T.; Sakai, H.; Abe, M. *Langmuir* **2010**, *26*(22), 17119.
- Almgren, M.; Garamus, V. M.; Nordstierna, L.; Blin, J. L.; Stebe, M. J. *Langmuir* **2010**, *26*(8), 5355.
- Bejarpasi, N. P.; Hashemianzadeh, M.; Khoshdel, M. M.; Sohrabi, B. *Langmuir* **2010**, *26*(17), 13786.
- Szymczyk, K.; Janczuk, B. *Langmuir* **2009**, *25*, 4377.
- Lu, S.; Somasundaran, P. *Langmuir* **2008**, *24*, 3874.
- Torres, M. F.; Sales, P. S.; de Rossi, R. H.; Fernandez, M. A. *Langmuir* **2010**, *26*(23), 17858.
- Pukido, A. R.; Casado, A.; Ubeda, M. M.; Junquera, E.; Aicart, E. *Langmuir* **2010**, *26*(12), 9378.
- Tucker, I.; Penfold, J.; Thomas, R. K.; Grillo, I.; Mildner, D. F. R.; Barker, J. G. *Langmuir* **2008**, *24*, 10089.
- Park, I. J.; Lee, B. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2006**, *50*, 355.
- Gil, H. N.; Lee, B. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2008**, *52*, 111.
- Gil, H. N.; Lee, B. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2008**, *52*, 461.
- Holland, P. M.; Rubingh, D. N. *J. Phys. Chem.* **1983**, *87*, 1984.
- Maiti, K.; Mitra, D.; Mitra, R. N.; Panda, A. K.; Das, P. K.; Rakshit, A. K.; Moulik, S. P. *J. Phys. Chem. B* **2010**, *114*, 7499.
- Jiang, L.; Deng, M.; Wang, Y.; Liang, D.; Yan, Y.; Huang, J. *J. Phys. Chem. B* **2009**, *113*, 7498.
- Denkova, P. S.; Lokeren, L. V.; Willem, R. *J. Phys. Chem. B* **2009**, *113*, 6703.
- Khatua, D.; Ghosh, S.; Dey, J.; Ghosh, G.; Aswal, V. K. *J. Phys. Chem. B* **2008**, *112*, 5374.
- Gil, H. N.; Lee, B. H. *J. Kor. Chem. Soc.* **2009**, *53*, 118.