

二成分混合界面活性剤水溶液の表面吸着とミセル形成 (第2報)

—表面張力 - 濃度曲線と吸着膜及びミセル組成との関連—

松 尾 洋

Surface Adsorption and Micelle Formation in Aqueous Solutions of Two-Component Mixed Surfactants. II. Interrelationships between Surface Tension - Concentration Curves and Compositions in Mixed Adsorbed Film and Micelle

Hiroshi Matuo

Summary

The purpose of this study is to investigate the interrelationships between surface tension-concentration curves and compositions in mixed adsorbed film and micelle. The surface tension of the aqueous solutions of anionic/anionic and amphoteric/cationic surfactant mixtures was measured by Wilhelmy type surface balance as a function of the total molality and composition of the surfactants at 20°C. The amounts of adsorption at the air/water interface and the compositions in the mixed adsorbed film and micelle were evaluated by use of the thermodynamic equations. It was found that both adsorbed film and micelle are richer in the hydrophobic molecules than that in the bulk solutions. Both the composition in the mixed adsorbed film and micelle were not so different from the composition in bulk solution when the surface tension-concentration curves did not differ too greatly.

1. 緒言

界面活性剤の分子は、親水性部分と疎水性部分という性質の異なる二つの部分から構成されている。そのため、空気/水界面や油/水界面で配向し、表面張力や界面張力を低下させる。また、親水性部分や疎水性部分の構造を変化させたり水溶液の濃度を変化させると、溶存状態や吸着膜の状態が変化する。

前報¹⁾では、陰イオン性界面活性剤/非イオン性界面活性剤系に関してミセル組成-バルク組成曲線に極大が存在し、二成分間の相互作用が純成分間の相互作用より強いことを示した。本研究では、表面張力-濃度曲線と吸着膜の組成及びミセルの組成との関連を調べる目的で、陰イオン性界面活性剤/陰イオン性界面活性剤系と両性界面活性剤/陽イオン性界面活性剤系の二成分混合界面

活性剤水溶液に関して、表面張力の重量モル濃度変化と組成変化を測定した。次に、膜の厚みを考慮したハンセンの取り扱いをさらに発展させた本村の式²⁻⁶⁾を利用して、空気/水界面での吸着量と吸着膜の組成、バルク溶液中でのミセルの組成を算出し、表面張力-濃度曲線との関連を検討した。

2. 実験

2-1 試料

陰イオン性界面活性剤は、1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム、1-デカンスルホン酸ナトリウム(以上、東京化成工業)、デシル硫酸ナトリウム(関東化学)を使用した。次に、陽イオン性界面活性剤は、臭化デシルトリメチルアンモニウムと臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム(以上、

東京化成工業)を使用した。これらの試料の純度は全て99%以上であった。また、両性界面活性剤は、ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタインを日本油脂より購入し、表1の順序に従って精製した後を使用した。試料の化学構造とCPK分子モデルの写真を、それぞれ表2、図1-1(陰イオン性界面活性剤)、図1-2(陽イオン性界面活性剤と両性界面活性剤)に示した。なお、測定には二次蒸留水を使用した。

表1 ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタインの精製方法

	操 作	目 的
1	アセトンとベンゼンの1:1混合溶媒を用いて、分液漏斗で抽出を3回行う。	有機溶媒に可溶な不純物の除去。
2	エバポレーターで乾燥する。	有機溶媒の除去。
3	水溶液を作成し、塩酸を0.1%加えて再結晶させる。	水に可溶な不純物の除去。
4	ブフナー漏斗で濾過し、結晶を蒸留水で洗浄する。	塩酸の除去。
5	結晶をエタノールに溶解させガラスフィルターで濾過する。	乾燥の容易化。
6	真空ポンプで24時間乾燥する。	エタノールの除去。

表2 界面活性剤の構造式

分 類	構 造 式 と 名 称
陰イオン性	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{SO}_2\text{Na}$ 1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム
	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{SO}_2\text{Na}$ 1-デカンスルホン酸ナトリウム
	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{OSO}_2\text{Na}$ デシル硫酸ナトリウム
陽イオン性	$[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+ \text{Br}^-$ 臭化デシルトリメチルアンモニウム
	$[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{N}(\text{CH}_3)_3]^+ \text{Br}^-$ 臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム
両 性	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11} - \text{N}^+ - \text{CH}_2\text{COO}^- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン

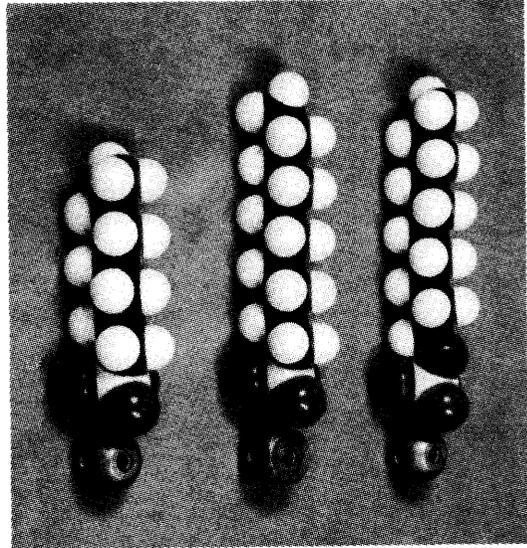


図1-1 陰イオン性界面活性剤のCPK分子モデル写真；左から順に、1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム、1-デカンスルホン酸ナトリウム、デシル硫酸ナトリウム

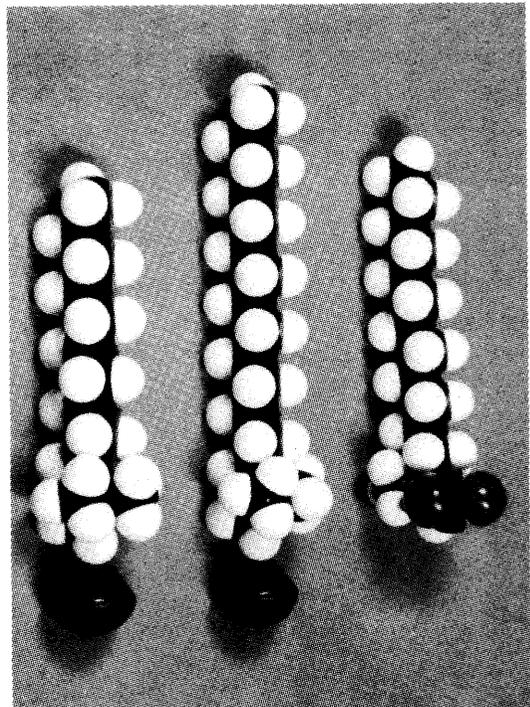


図1-2 陽イオン性界面活性剤と両性界面活性剤のCPK分子モデル写真；左から順に、臭化デシルトリメチルアンモニウム、臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム、ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン

2-2 表面張力の測定

1) 表面張力の測定

水溶液の表面張力は、協和界面科学のWilhelmy型表面張力計(CBV式、A-3型)で測定した。測定誤差は±0.2 mN/mであった。なお、測定温度は20℃である。

2) 吸着量、吸着膜の組成、ミセルの組成の算出

解析には、ハンセンの取り扱いをさらに発展させた本村の式²⁻⁶⁾を利用した。

①陰イオン性界面活性剤/陰イオン性界面活性剤系

空気/水界面での界面活性剤の吸着量 Γ^H は次式、

$$\Gamma^H = -(\frac{m}{2RT})(\frac{\partial \gamma}{\partial m})_{T,P,x_2} \quad (1)$$

より算出した。Rは気体定数、Tは絶対温度、 γ は表面張力、mは全重量モル濃度、 x_2 はバルク中での第2成分のモル分率である。

次に、空気/水界面に形成される吸着膜の組成、バルク溶液中でのミセルの組成、それにcmcにおける吸着膜の組成は、それぞれ次式、

$$x_2^H = x_2 - [(1-x_2)x_2/RT\Gamma^H](\frac{\partial \gamma}{\partial x_2})_{T,P,m} \quad (2)$$

$$x_2^M = x_2 - [2(1-x_2)x_2/cmc](\frac{\partial cmc}{\partial x_2})_{T,P} \quad (3)$$

$$x_2^{H,cmc} = x_2^M - [(1-x_2)x_2/RT\Gamma^{H,cmc}](\frac{\partial \gamma_{cmc}}{\partial x_2})_{T,P} \quad (4)$$

より算出した。なお、 x_2^H は吸着膜中での第2成分のモル分率、 x_2^M はミセル中での第2成分のモル分率、cmcは臨界ミセル濃度、 $x_2^{H,cmc}$ はcmcにおける吸着膜中での第2成分のモル分率、 $\Gamma^{H,cmc}$ はcmcでの吸着量、 γ_{cmc} はcmcでの表面張力である。なお、本研究では、表面張力-濃度曲線が低濃度側に位置する界面活性剤を第1成分、高濃度側に位置する界面活性剤を第2成分とした。

②両性界面活性剤/陽イオン性界面活性剤系

ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン (両性界面活性剤) は水溶液中で解離しないのに対し、臭化デシルトリメチルアンモニウムと臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム (陽イオン性界面活性剤) は解離する。そこで、表面張力-濃度曲線が低濃度側に位置する両性界面活性剤を第1成分に、陽イオン性界面活性剤を第2成分にとり、解

離の影響を考慮するため全重量モル濃度 \hat{m} と第2成分のモル分率 \hat{x}_2 を、それぞれ次式⁶⁾、

$\hat{m} = m_1 + 2m_2$ と $\hat{x}_2 = 2m_2/m$ で定義し、吸着量 $\hat{\Gamma}^H$ を次式、

$$\hat{\Gamma}^H = -(\hat{m}/RT) (\frac{\partial \gamma}{\partial \hat{m}})_{T,P,\hat{x}_2} \quad (5)$$

より算出した。吸着膜の組成、ミセルの組成、cmcにおける吸着膜の組成も同様に、解離の影響を考慮した次式、

$$\hat{x}_2^H = \hat{x}_2 - [(\hat{x}_1\hat{x}_2/\hat{m})(\frac{\partial \hat{m}}{\partial \hat{x}_2})]_{T,P,\gamma} \quad (6)$$

$$\hat{x}_2^M = \hat{x}_2 - [(\hat{x}_1\hat{x}_2/\hat{C})(\frac{\partial \hat{C}}{\partial \hat{x}_2})]_{T,P} \quad (7)$$

$$\hat{x}_2^{H,cmc} = \hat{x}_2^M - [(\hat{x}_1\hat{x}_2/RT\hat{\Gamma}^{H,cmc})(\frac{\partial \gamma_{cmc}}{\partial \hat{x}_2})]_{T,P} \quad (8)$$

より算出された。なお、 \hat{x}_2^H は吸着膜中での第2成分のモル分率、 \hat{x}_2^M はミセル中での第2成分のモル分率、 \hat{c} はcmcの濃度、 $\hat{x}_2^{H,cmc}$ はcmcにおける吸着膜中での第2成分のモル分率、 $\hat{\Gamma}^{H,cmc}$ はcmcでの吸着量、 γ_{cmc} はcmcでの表面張力である。

3. 結果と考察

3-1 表面張力-濃度曲線

①陰イオン性界面活性剤/陰イオン性界面活性剤系

1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム、1-デカンスルホン酸ナトリウム、デシル硫酸ナトリウムの20℃での表面張力-濃度曲線 ($\gamma - m$ 曲線) を図2に示した。この三種類の陰イオン性界面活性

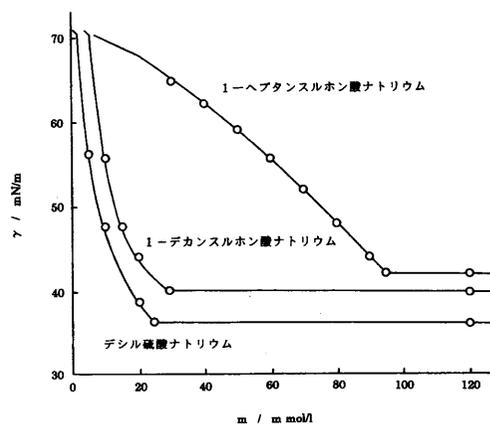


図2 表面張力-濃度曲線 (20℃)

剤の吸着膜は、低濃度側で気体膜から膨張膜へ相変化を示した。また、濃度が増加するとミセルを形成した。1-デカンスルホン酸ナトリウムとデシル硫酸ナトリウムは、炭素数10で炭化水素鎖長が等しく親水性部分の構造のみが異なる。そのため、表面張力-濃度曲線には大きな差異はなく、デシル硫酸ナトリウムが僅かに低濃度側にシフトしていた。これに対して、炭素数7の1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムは炭化水素鎖長が短いため親水性の程度が大きく、表面張力-濃度曲線はかなり高濃度側にシフトしていた。以上のことから、デシル硫酸ナトリウムと1-デカンスルホン酸ナトリウムの臨界ミセル濃度 (cmc) はほぼ等しく、1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムのcmcはかなり大きかった。また、臨界ミセル濃度での表面張力の値(γ_{cmc})は、デシル硫酸ナトリウム<1-デカンスルホン酸ナトリウム<1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムの順であった。また、相変化の濃度も、臨界ミセル濃度や γ_{cmc} の順と同様であった。表3に、臨界ミセル濃度(cmc)、cmcでの表面張力の値(γ_{cmc})、気体膜から膨張膜への相変化の濃度を示した。

表3 陰イオン性界面活性剤の臨界ミセル濃度、 γ_{cmc} 、相変化の濃度

陰イオン性界面活性剤	臨界ミセル濃度 m mol/kg	γ_{cmc} mN/m	相変化の濃度 m mol/kg
1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム	95.0	42.3	20.0
1-デカンスルホン酸ナトリウム	29.0	40.0	4.7
デシル硫酸ナトリウム	24.2	36.4	2.8

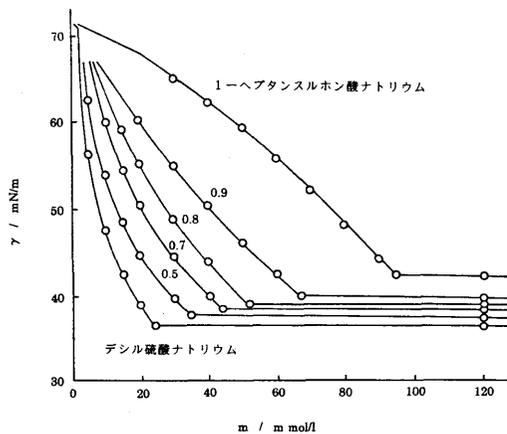


図3 デシル硫酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系の表面張力-濃度曲線 (20°C)

次に、二成分混合系のデシル硫酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系、1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系、デシル硫酸ナトリウム/1-デカンスルホン酸ナトリウム系の20°Cでの表面張力-濃度曲線を、それぞれ図3、図4、図5に示した。いずれの系も、第2成分のモル分率の増加に従ってcmcと γ_{cmc} は増加した。

②両性界面活性剤/陽イオン性界面活性剤系

ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタインの等電点 pI は3.8である。両性界面活性剤は等電点以下では陽イオンの状態で存在し、等電点以上では陰イ

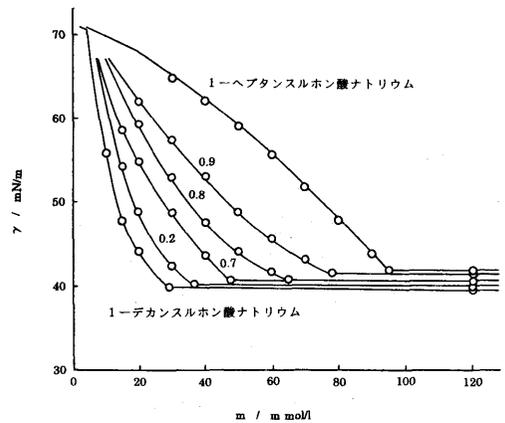


図4 1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系の表面張力-濃度曲線 (20°C)

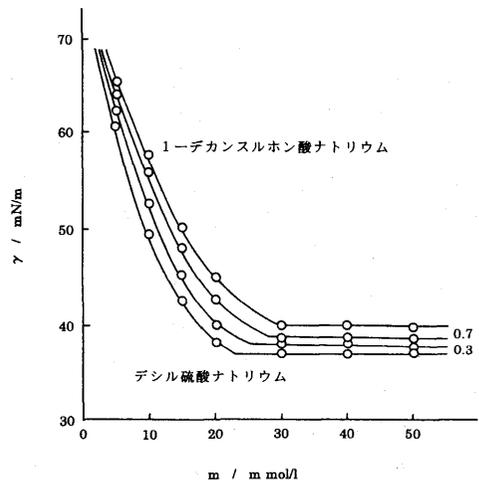


図5 デシル硫酸ナトリウム/1-デカンスルホン酸ナトリウム系の表面張力-濃度曲線 (20°C)

オンの状態で存在する。そのため、等電点以上で両性界面活性剤と陽イオン性界面活性剤を混合すると、イオン結合を起し沈殿を生じる。そこで、沈殿を防ぐ目的で、バルク水溶液としてpH 2の塩酸水溶液を使用した。

ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン、臭化デシルトリメチルアンモニウム、臭化テトラデシルトリメチルアンモニウムの20℃での表面張力—濃度曲線 ($\gamma - \log m$ 曲線) を図6に示した。濃度範囲が広いので、横軸は対数目盛で示した。上述した陰イオン性界面活性剤と同様に、この系もまた、吸着膜は低濃度で相変化を示し、高濃度でミセルを形成した。ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタインの相変化の濃度は 6×10^{-6} mol/kg であった。この値は、上述した陰イオン性界面活性剤の中で相変化の濃度が最小であったデシル硫酸ナトリウムの約1/500である。表面張力—濃度曲線、臨界ミセル濃度 (cmc)、 γ_{cmc} は、ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン < 臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム < 臭化デシルトリメチルアンモニウムの順であった。なお、 γ_{cmc} は上述した三種類の陰イオン性界面活性剤と同程度の大きさであったが、ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタインと臭化テトラデシルトリメチルアンモニウムのcmcはかなり小さかった。表4に、臨界ミセル濃度 (cmc)、cmcでの表面張力の値 (γ_{cmc}) を示した。

次に、二成分混合系のラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系とラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム系の20℃での表面張力—濃度曲線 ($\gamma - \log m$ 曲線) を、

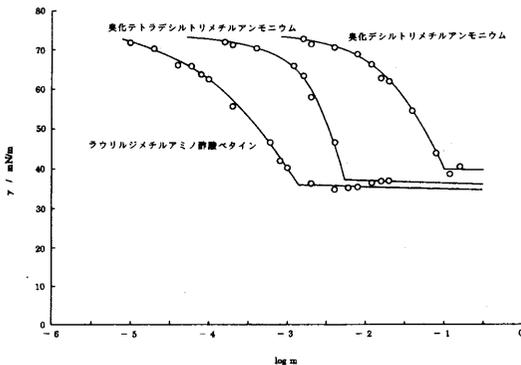


図6 表面張力—濃度曲線 (20℃)

表4 両性界面活性剤と陽イオン性界面活性剤の臨界ミセル濃度と γ_{cmc}

両性界面活性剤と陽イオン性界面活性剤	臨界ミセル濃度 m mol/kg	γ_{cmc} mN/m
ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン	1.5	35.5
臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム	6.1	36.8
臭化デシルトリメチルアンモニウム	94.3	40.8

それぞれ図7と図8に示した。この両性界面活性剤/陽イオン性界面活性剤系も、上述した陰イオン性界面活性剤/陰イオン性界面活性剤系と同様に、第2成分のモル分率の増加に従ってcmcと γ_{cmc} は増加した。

3-2 吸着量

①陰イオン性界面活性剤/陰イオン性界面活性剤系

1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンス

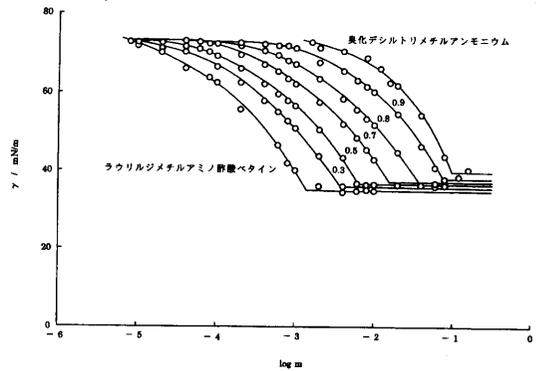


図7 ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系の表面張力—濃度曲線 (20℃)

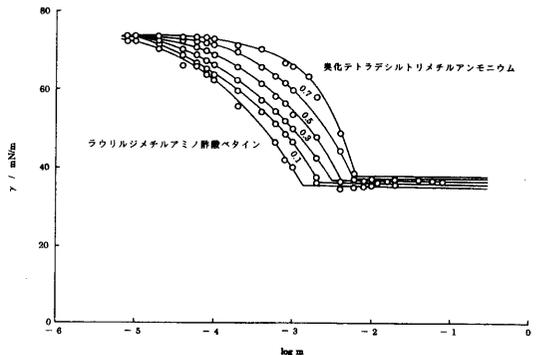


図8 ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム系の表面張力—濃度曲線 (20℃)

ルホン酸ナトリウム系の吸着量-濃度曲線を図9に示した。気体膜での吸着量は、炭化水素鎖長の長い1-デカンスルホン酸ナトリウムの方が疎水性が強いため、1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムより大きかった。相変化後の膨張膜での吸着量は、逆に、炭化水素鎖長の短い1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムの方が分子占有面積が小さいため、1-デカンスルホン酸ナトリウムより大きかった。また、相変化の濃度は、炭化水素鎖長の長い1-デカンスルホン酸ナトリウムの方が疎水性が強いた

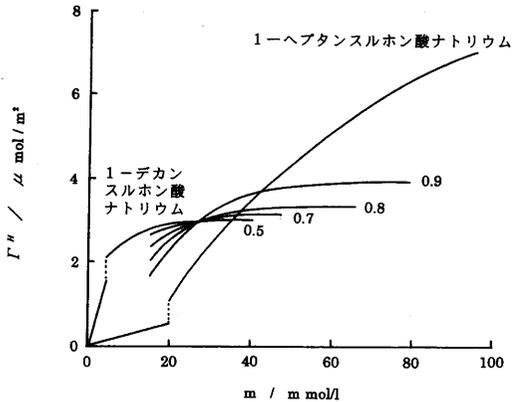


図9 1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系の吸着量-濃度曲線 (20℃)

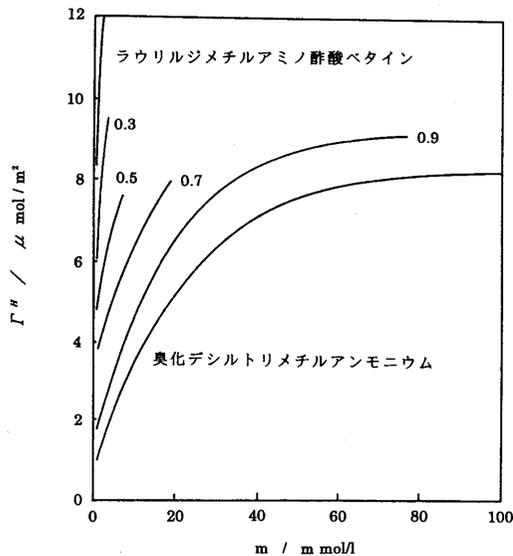


図10 ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系の吸着量-濃度曲線 (20℃)

め、1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムより低濃度で相変化を示した。他の二つの系も同様の結果を示した。

②両性界面活性剤/陽イオン性界面活性剤系

ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系に関して、相変化後の膨張膜での吸着量-濃度曲線を図10に示した。表面張力-濃度曲線が低濃度側に位置する、ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタインが選択的に吸着されていることが分かった。ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム系も同様の結果を示した。

次に、疎水性部分の炭化水素鎖長が等しい臭化デシルトリメチルアンモニウム (陽イオン性、図10の第2成分) と1-デカンスルホン酸ナトリウム (陰イオン性、図9の第1成分) の飽和吸着量を比較したところ、臭化デシルトリメチルアンモニウムは1-デカンスルホン酸ナトリウムの約2.5倍であった。

3-3 吸着膜の組成とミセルの組成

吸着膜の組成は、陰イオン/陰イオン系では(2)式、両性/陽イオン系では(6)式を利用して算出した。表面張力の組成微分は、表面張力-濃度曲線から表面張力-組成曲線を作成し、曲線の傾きから求めた。同様に、ミセルの組成とcmcでの吸着膜の組成は、それぞれ、表面張力-濃度曲線からcmc-組成曲線と γ_{cmc} -組成曲線を作成し、陰イオン/陰イオン系では(3)式と(4)式、両性/陽イオン系では(7)式と(8)式に、それぞれの曲線の傾きを代入して算出した。例として、1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系に関して、表面張力-濃度曲線 (図3) から作成したcmc-組成曲線 (図11の曲線 cmc vs. x_2) と γ_{cmc} -組成曲線 (図12の曲線 γ_{cmc} vs. x_2) を示した。

①陰イオン性界面活性剤/陰イオン性界面活性剤系

cmcを縦軸にとり横軸にバルクの組成 x_2 、ミセルの組成 x_2^M 、cmcでの吸着膜の組成 $x_2^{H,cmc}$ をとることにより、cmcでの吸着膜中での混和性とミセル中での混和性が検討できる。1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系を図13に、デシル硫酸ナトリウム/1-ヘプタ

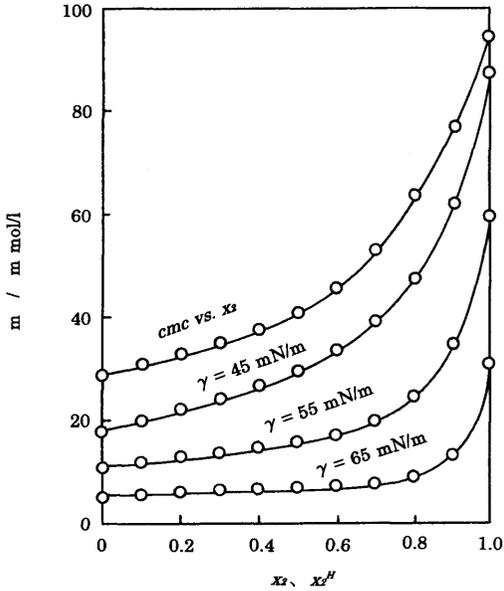


図11 1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系の濃度-組成曲線 (20°C)

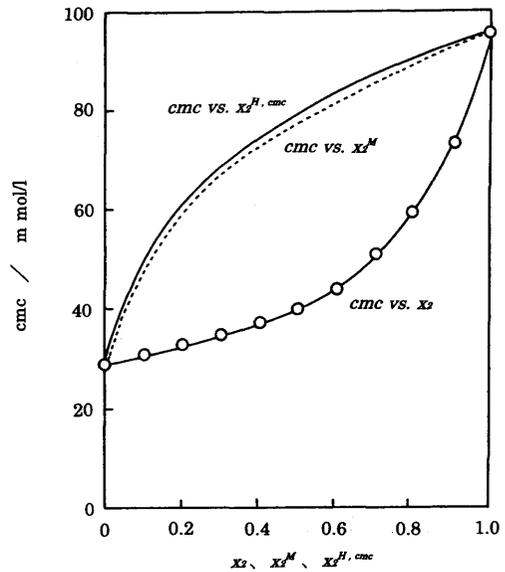


図13 1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系のcmc-組成曲線 (20°C)

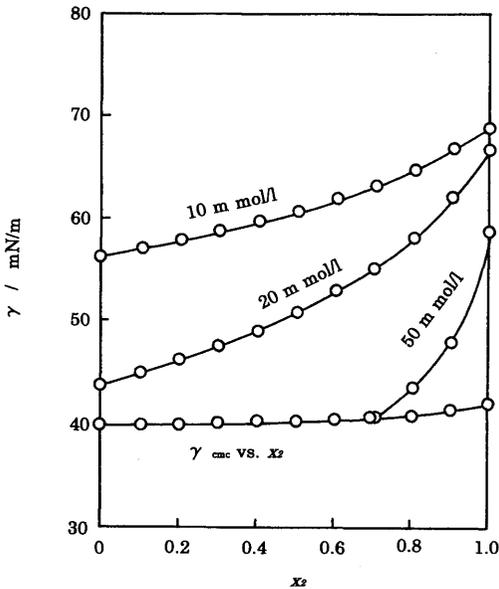


図12 1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系の表面張力-組成曲線 (20°C)

ルホン酸ナトリウム系 (図13) では、表面張力-濃度曲線 (図2) が低濃度側に位置する1-デカンスルホン酸ナトリウム (第1成分) が、バルクの組成と比較して、ミセル中でも吸着膜中でも多く含まれていた。1-デカンスルホン酸ナトリウムと1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムは、親水性部分の構造が等しく疎水性部分の炭素数が3個異なっている。そのため、吸着膜の組成とミセルの組成はほぼ同様で、1-デカンスルホン酸ナトリウムの吸着膜の組成がごく僅かだけミセルの組成より大きかった。

ンスルホン酸ナトリウム系を図14に、デシル硫酸ナトリウム/1-デカンスルホン酸ナトリウム系を図15に示した。

1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンス

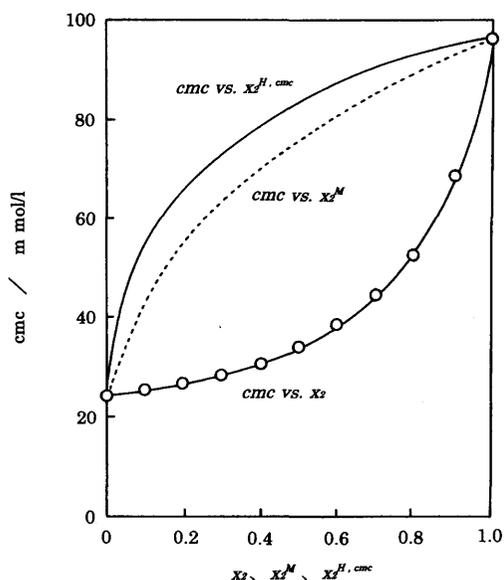


図14 デシル硫酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系のcmc—組成曲線 (20°C)

デシル硫酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系 (図14) でも同様に、表面張力—濃度曲線 (図2) が低濃度側に位置するデシル硫酸ナトリウム (第1成分) が、バルクの組成と比較して、ミセル中でも吸着膜中でも多く含まれていた。デシル硫酸ナトリウムと1-ヘプタンスルホン酸ナトリウムは、疎水性部分の炭素数が3個異なっている他に親水性部分の構造も僅かに異なっている。また、表面張力—濃度曲線 (図2) の相違は、1-デカンスルホン酸ナトリウム/1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム系より大きかった。そのため、デシル硫酸ナトリウムの組成は、吸着膜の方がミセルよりかなり大きかった。

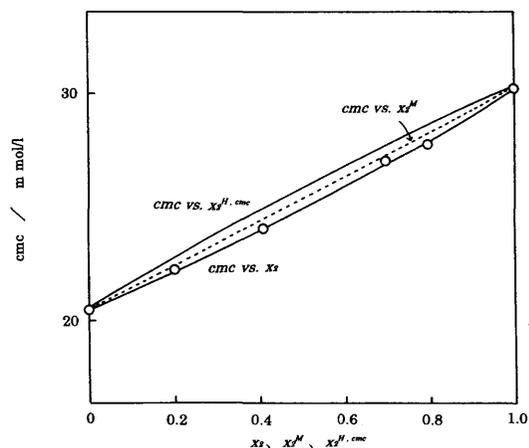


図15 デシル硫酸ナトリウム/1-デカンスルホン酸ナトリウム系のcmc—組成曲線 (20°C)

デシル硫酸ナトリウム/1-デカンスルホン酸ナトリウム系 (図15) では、炭化水素鎖長が等しく親水性部分の構造が僅かに異なっているため、表面張力—濃度曲線 (図2) の差異は僅かであり、吸着膜の組成とミセルの組成は、バルクの組成と大差なかった。この系も同様に、表面張力—濃度曲線 (図2) が低濃度側に位置するデシル硫酸ナトリウム (第1成分) の組成は、吸着膜の方がミセルより大きかった。

②両性界面活性剤/陽イオン性界面活性剤系

ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系 (図16) も同様に、表面張力—濃度曲線 (図6) が低濃度側に位置するラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン (第1成分) が、バルクの組成と比較して、ミセル中でも吸着膜中でも多く含まれていた。

ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム系 (図17) では、表面張力—濃度曲線 (図6) の相違はラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系より少ない。そのため、バルクの組成と比較して、吸着膜の組成とミセルの組成には大きな差はなかった。この系も同様に、表面張力—濃度曲線 (図6) が低濃度側に位置するラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン (第1成分) の組成は、吸着膜の方がミセルより僅かに大きかった。

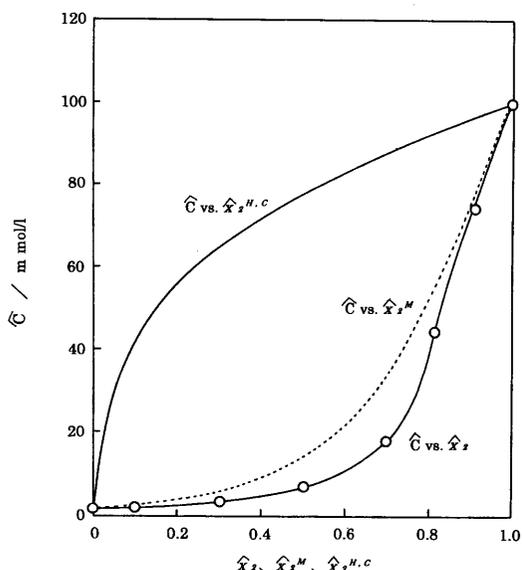


図16 ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化デシルトリメチルアンモニウム系のcmc—組成曲線（20℃）

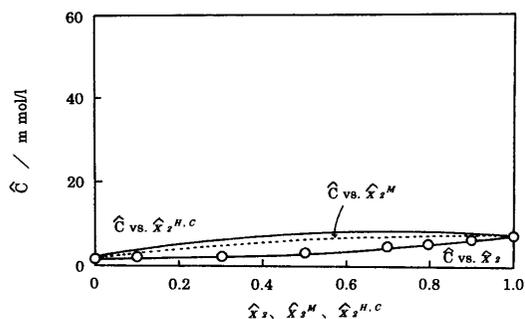


図17 ラウリルジメチルアミノ酢酸ベタイン/臭化テトラデシルトリメチルアンモニウム系のcmc—組成曲線（20℃）

以上の結果から、二成分混合界面活性剤水溶液に関して、（1）表面張力—濃度曲線が低濃度側に位置する成分の方が、空気/水界面で選択的に吸着され、また、選択的にミセルを形成するため、バルクの組成と比較して吸着膜の組成とミセルの組成が大きかった、また、（2）吸着膜の組成及びミセルの組成とバルクの組成との差は、表面張力—濃度曲線の濃度差が大きい系ほど大きいことが分かった。なお、吸着膜の組成とミセルの組成

との関連については、さらに詳細な研究が必要である。

終わりに、本研究の遂行にご協力くださった、被服学科平成5年度卒業生の佐伯直子、佐竹朋美、松村真由美、松本千里（陰イオン/陰イオン系）、穴見京子、杉本知子、中原見子、浜田美紀（両性界面活性剤の精製）、食生活科学科平成6年度卒業生の伊藤佳子、榊重和美（陰イオン/陰イオン系）、食生活科学科平成7年度卒業生の大谷直子、坂口美也子（両性/陽イオン系）、食生活科学科平成8年度卒業生の篠原さつき、緑千恵子（両性/陽イオン系）の諸氏に、心より感謝いたします。なお、本研究の一部は、第41回日本家政学会中国・四国支部研究発表会（平成6年10月9日、香川短期大学）、第43回日本家政学会中国・四国支部研究発表会（平成8年10月6日、松山東雲女子大学、松山東雲短期大学）、第45回日本家政学会中国・四国支部研究発表会（平成10年10月18日、高知大学）で発表した。

参考文献

- 1) 松尾 洋：山口女子大学家政学部研究報告、20, 69 (1994).
- 2) K.Motomura, H.Matsukiyo, and M.Arato, *ACS Symp. Ser.*, 311,163 (1986).
- 3) M.Arato, T.Okamoto, and K.Motomura, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 60, 2361 (1989).
- 4) M.Arato, T.Okamoto, N.Ikeda and K.Motomura, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 61, 2773 (1989).
- 5) N.Ikeda, E.Shiota, M.Arato, and K.Motomura, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 62, 410 (1989).
- 6) K.Abe, H.Matsukiyo, N.Ikeda, M.Arato, and K.Motomura, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 64, 2882 (1991).
- 7) 藤井 明、磯部美津子：繊維製品消費科学、25, 394 (1984).