ノ ー ト

多摩川水中のアルキルベンゼンスルホン酸塩 (第 5 報)

1968 年 2 月から 1970 年 5 月までの測定記録

井原 岩夫*・尾崎 正義*・中村 文威*・横 田 功*
 中 浦 久雄*・麻生 隆則*・尾崎 真*・兼 子 譲*
 宮内 貞夫*・三 浦 千明*・早 川 勇造*・森 山 貞春*
 石 黒 鉄 郎**・吉 田 幸 雄***

* 中央大学理工学会 (東京都文京区春日)

** 中央大学理工学部工業化学科 (東京都文京区春日)

*** ライオン油脂株式会社研究所 (東京都江戸川区平井三丁目)

Alkylbenzene Sulfonate in the Water of the Tama River. V

Data from Feb. 1968 to May 1970

Iwao IHARA*, Masayoshi OZAKI*, Fumitake NAKAMURA*, Isao YOKOTA*,
 Hisao NAKAURA*, Takanori ASO*, Makoto OZAKI*, Yuzuru KANEKO*, Sadao
 MIYAUCHI*, Kazuaki MIURA*, Yūzō HAYAKAWA*, Sadaharu MORIYAMA*,
 Tetsurō ISHIGURO** and Yukio YOSHIDA***

* Students' Association of Science and Engineering, Chūō University (Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo)

** Department of Industrial Chemistry, Faculty of Science and Engineering, Chūō University (Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo)

*** Research Laboratory, Lion Fat & Oil Co., Ltd. (Hirai-3, Edogawa-ku, Tokyo)

Methyleneblue active substance (MBAS), COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ and Cl^- concentrations in the water of the Tama River were measured from Feb. 1968 to May 1970.

From the results, it was confirmed that the Tama River has been polluted continuously with domestic and industrial sewage, and that the natural purification was also proceeding considerably in the midstream of the river.

Infrared spectroscopic data show that the existence ratio of LAS to ABS was found to be 20 : 80 (1967), 35 : 65 (1968) and 61 : 39 (1969). The ratio of LAS has been increasing year by year.

1 緒 言

著者らは、前四報^{1)~4)}において 1962 年 10 月から 1967 年 12 月まで多摩川から定期的に採水した試料についてメチレンブルー活性物質 (MBAS)、化学的酸素要求量 (COD)、アンモニア態窒素 ($\text{NH}_3\text{-N}$) などを定量し、

その結果を報告した。そして多摩川の汚濁が何に起因するかを考察し、さらに現在洗剤業界で進行中である合成洗剤ソフト化の状況をみるため、河川水中の直鎖型アルキルベンゼンスルホン酸塩 (LAS) と分岐鎖型アルキルベンゼンスルホン酸塩 (ABS) の比率もあわせて検討してきた。本報においては引き続き上記の測定を行な

阿 相 敏 明	小 川 敏 広	門 田 理 恵 子	熊 谷 芳 厚
Toshiaki ASO*	Toshihiro OGAWA*	Rieko KADOTA*	Yoshiatsu KUMAGAI*
田 中 秀 志	団 野 泰 雄	頼 慧 英	大 河 原 寛
Hideshi TANAKA*	Yasuo DANNO*	Keiei RAI*	Hiroshi OGAWARA*
立 石 繁 信	長 谷 川 孝 雄	橋 本 幸 雄	向 井 正
Shigenobu TATEISHI*	Takao HASEGAWA*	Yukio HASHIMOTO*	Tadashi MUKAI*

い、得られた結果を報告する。また LAS と ABS の赤外線吸収スペクトルによる定量法に関して興味ある知見を得たのでここに紹介する。

2 実 験

2.1 水質分析法

MBAS の分析法は JIS K 3363—1968 に準じ、COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 Cl^- はいずれも下水試験法⁵⁾によって測定した。

2.2 採水地点

採水地点については前報までと同様であるが、1968年10月から多摩川の支流である平瀬川の本流への流入口付近の1地点を追加した。

2.3 赤外線分析法

LAS と ABS の定量法についてはこれまでもいくつか報告^{6)~9)}されているが、本報においては試水中の LAS、ABS を C.P. Ogden ら⁹⁾の方法に準じて *n*-オクチルアンモニウム塩とし、二硫化炭素を溶媒としてその IR スペクトルをうる。そして 1030 cm^{-1} の吸収から LAS と ABS の合計（全濃度と称する）を、 668 cm^{-1} の吸収から LAS を、 655 cm^{-1} の吸収から ABS をそれぞれ定量するものである。

2.3.1 LAS および ABS の *n*-オクチルアンモニウム塩の調製

1. 純水でよく洗浄した Dowex-50 WX 8 50 ml をカラム (25 mm ϕ) に充てんする。
2. エチルアルコール-水混合溶媒（容積比 1:1）約

200 ml をカラムに通す。

3. 試料を有効成分（LAS あるいは ABS 基準）として約 10 g になるように取り、5~10% の濃度に混合溶媒に溶かし、イオン交換カラムを通す（Elute 1）。
4. さらに 100 ml の混合溶媒をカラムに通し、残っている試料を洗い出す（Elute 2）。
5. Elute 1 と Elute 2 を合わせ、*n*-オクチルアミンを滴下して中和する（この場合当量点は pH 5.6 である）。
6. 生成した *n*-オクチルアンモニウム塩を石油エーテル 50 ml ずつで4回抽出する。
7. 石油エーテルを水浴上で蒸発乾固し、真空乾燥器中で $70\sim 80^\circ\text{C}$ に加熱して約 6 hr 乾燥する。

2.3.2 検量線の作製

LAS および ABS の *n*-オクチルアンモニウム塩を各種の濃度および比率に混合し、二硫化炭素に溶解し、0.5 mm NaCl セルを使用して、 $1200\sim 600\text{ cm}^{-1}$ の IR 吸収スペクトルをうる。実験には日立 Perkin-Elmer #225 型 IR 分光器を使用した。

全濃度 12.0 mg/ml の場合の IR スペクトルの例を Fig.-1 に示す。

Fig.-1 a,b,c において 1030 cm^{-1} の吸収がほとんど変わらないのに対し $700\sim 500\text{ cm}^{-1}$ 付近の吸収が著しく変化している。

つぎに Fig.-2 のように 1030 cm^{-1} で $\log(T_b/T_a)$ を、 655 cm^{-1} で $\log(T_d/T_c)$ を、さらに 668 cm^{-1} で

Fig.-1 a LAS (*n*-octylammonium salt) 12 mg/ml in CS_2

Fig.-1 b LAS (*n*-octylammonium salt) 60
ABS (*n*-octylammonium salt) 40
12 mg/ml in CS_2

Fig.-1 c ABS (*n*-octylammonium salt) 12 mg/ml in CS_2

Fig.-1 Absorption spectra of *n*-octylammonium salts of LAS and ABS.

Fig.-2 a Calculation of $\log (T_b/T_a)$.Fig.-2 b Calculation of $\log (T_d/T_e)$ and $\log (T_f/T_e)$.Fig.-2 Calculation of $\log (T_b/T_a)$, $\log (T_d/T_e)$ and $\log (T_f/T_e)$.

$\log (T_f/T_e)$ をそれぞれ計算し、おのおのの値から全濃度、ABS 濃度および LAS 濃度についての検量線を作製する。

LAS 濃度の検量線を作製するのに キーバンドとして用いた 668 cm^{-1} には ABS も吸収を示すので両者の混合している試料から LAS を直接定量する場合は ABS 濃度によって補正しなければならない。すなわち、未知試料より 655 cm^{-1} で ABS 濃度を求め、その濃度の ABS が 668 cm^{-1} に示すはずの吸光度を 668 cm^{-1} における ABS の検量線から算出し、この値を未知試料の吸光度 $\log (T_f/T_e)$ から差し引いた吸光度によって

Fig.-3 a Calibration curve (1030 cm^{-1}) LAS + ABS. Fig.-3 b Calibration curve (655 cm^{-1}) ABS. Fig.-3 c Calibration curves (668 cm^{-1}) LAS and ABS.

Fig.-3 Calibration curves of LAS or ABS.

LAS 濃度を求める。

このように、LAS 濃度は 668 cm^{-1} から直接求める方法と、全濃度と ABS 濃度の差から求める方法の二つがある。この二つの方法によって求められた LAS 濃度は前述の検量線を作製する際に用いた標準試料 (LAS と ABS) の混合物についてはよく一致する。しかし河川水や下水からの試料にこの分析法を適用した場合には二つの方法で求めた LAS 濃度は必ずしも一致しない。そのときは一般に 668 cm^{-1} から求めた LAS 濃度の方がより小さな値を与える。これは LAS の生分解に関連する一つの手がかりとなるであろう。

各 キーバンド における LAS もしくは ABS の検量線を Fig.-3 a, b, c に示す。

IR 分析に用いた 1030 cm^{-1} の吸収はスルホン酸基の対称伸縮振動によるものであり、 668 cm^{-1} 、 655 cm^{-1} の吸収の帰属については充分確認していないが、アルキル基によってシフトするスルホン酸基によるピークと思われる注1)。

注1) これらの吸収の帰属については、イソプロピルベンゼンスルホン酸、*n*-ブチルベンゼンスルホン酸、第三ブチルベンゼンスルホン酸、イソトリデカンスルホン酸、*n*-ウンデカンスルホン酸、イソヘキシルベンゼンスルホン酸、*n*-オクチルベンゼンスルホン酸などの *n*-オクチルアンモニウム塩を試料として検討した。

本法による定量分析適用濃度範囲は全濃度および ABS 濃度について $2.4 \sim 24.0 \text{ mg/ml}$ 、LAS 濃度については $2.4 \sim 30.0 \text{ mg/ml}$ である。本分析法において使用した 655 cm^{-1} および 668 cm^{-1} の吸収は従来 ABS と LAS の定量に多く用いられてきた 1367 cm^{-1} 、 1410 cm^{-1} (溶媒四塩化炭素) の吸収よりも鋭く、解析が容易である。なお、LAS と ABS の赤外線吸収スペクトルに関しては D. Hummel の著書¹⁰⁾を参照した。

3 結果および考察

3.1 定期的測定

1968 年 2 月から 1970 年 4 月までの測定結果を **Table-1** に示す。

1968 年 2 月から 1970 年 4 月までの定期的測定の結果, MBAS, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は 1968 年にはいくらか減少したが, その後再び上昇の傾向が見られ, 汚濁化が引き続き進行していることを示している。

MBAS 濃度は野川と二子橋において高い値を示しているが, とくに二子橋ではその増加が著しい。すなわち, 1965 年から 1969 年までの野川における MBAS 濃度の年平均値はほぼ 2.5~3.5 mg/l 程度であるのに対し, 二子橋では 1965 年の平均値は 0.43 mg/l, 1966 年

0.67 mg/l, 1967 年 1.40 mg/l, 1968 年 1.18 mg/l, 1969 年 3.65 mg/l と急激に増加している。この原因として, 二子橋の上流約 500 m にある支流の平瀬川からの流入汚水が考えられた。そこで 1968 年 10 月から新たに平瀬川も採水地点と定め測定した結果, MBAS 濃度は 1969 年は 2.46 mg/l で前年度 10 月, 12 月の値に比べておよそ 1.7 倍の増加を示し, 一方二子橋では 1969 年にはその前年に比べ約 3 倍の増加を示した。このことから二子橋での汚濁が平瀬川の影響を強く受けていることが想像される。そこでその確認のため 1970 年 5 月 11 日および 18 日の両日に **Fig.-4** の ①~⑨ の地点で MBAS 濃度と流量を測定し, MBAS 負荷量を算出して検討した。5 月 18 日の測定結果を **Table-2** に示す。この測定によると二子橋の上流約 100 m の地点に流入

Table-1 MBAS, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ and Cl^- concentrations in the water of the Tama River (unit; mg/l)

Sampli- ng data		Suido- bashi	Futa- koba- shi	Noga- wa	Hira- sega- wa	Maru- koba- shi	Tama- ohashi	Sampli- ng date		Suido- bashi	Futa- koba- shi	Noga- wa	Hira- sega- wa	Maru- koba- shi	Tama- ohashi
1968 2.4	MBAS	2.59	0.85	5.82	—	3.71	4.13	6.15	MBAS	0.26	2.31	4.43	5.55	0.31	0.81
	COD	4.35	3.02	17.88	—	10.53	17.40		COD	—	—	—	—	—	—
	$\text{NH}_3\text{-N}$	4.82	1.07	12.08	—	8.52	8.30		$\text{NH}_3\text{-N}$	0.79	6.13	11.26	1.06	7.66	0.00
	Cl^-	29.8	27.1	48.4	—	3950.0	2720.0		Cl^-	12.6	22.5	45.0	20.6	20.8	177.0
4.21	MBAS	0.57	2.84	5.62	—	2.21	1.92	7.23	MBAS	—	—	3.31	1.40	0.81	—
	COD	6.47	8.80	18.77	—	8.88	7.79		COD	—	—	—	—	—	—
	$\text{NH}_3\text{-N}$	1.90	2.46	19.74	—	5.98	6.01		$\text{NH}_3\text{-N}$	—	—	9.83	0.65	2.23	—
	Cl^-	17.0	20.6	49.7	—	296.0	1000.0		Cl^-	—	—	—	—	—	—
6.23	MBAS	0.22	2.02	3.02	—	0.63	1.21	9.21	MBAS	0.29	2.23	3.39	1.76	0.91	1.06
	COD	4.72	4.12	8.17	—	4.72	6.07		COD	2.27	5.21	10.14	3.91	6.85	6.07
	$\text{NH}_3\text{-N}$	0.55	0.74	5.81	—	1.44	2.87		$\text{NH}_3\text{-N}$	0.54	0.98	7.15	2.78	1.33	2.58
	Cl^-	14.4	19.3	23.4	—	18.1	476.0		Cl^-	14.9	20.7	14.1	18.5	19.9	7440.0
8.16	MBAS	0.11	0.14	2.50	—	0.12	0.25	10.16	MBAS	0.36	2.73	3.17	1.89	1.00	1.98
	COD	2.17	2.89	8.95	—	3.54	4.26		COD	2.33	4.26	—	16.39	3.19	4.05
	$\text{NH}_3\text{-N}$	0.0	0.0	5.90	—	0.50	0.22		$\text{NH}_3\text{-N}$	2.90	3.21	12.13	3.27	2.86	3.40
	Cl^-	3.01	5.32	36.5	—	6.38	7.80		Cl^-	19.1	33.0	47.9	32.1	46.1	919.0
10.6	MBAS	0.30	0.67	2.09	1.78	0.50	0.74	11.23	MBAS	0.99	7.43	3.10	1.44	0.82	0.97
	COD	2.66	5.48	11.60	8.95	4.07	6.07		COD	3.02	16.84	7.12	3.40	—	—
	$\text{NH}_3\text{-N}$	1.94	3.32	7.86	3.88	3.47	3.86		$\text{NH}_3\text{-N}$	2.28	4.52	10.47	6.23	4.02	5.02
	Cl^-	13.5	16.6	38.8	18.4	21.4	195.0		Cl^-	20.0	23.4	44.7	19.1	17.7	1920.0
12.15	MBAS	0.42	0.58	3.27	1.51	0.66	1.18	12.21	MBAS	0.77	3.84	1.74	1.76	1.70	2.18
	COD	2.09	1.62	6.44	—	0.78	2.02		COD	5.22	10.44	12.36	17.03	9.11	11.26
	$\text{NH}_3\text{-N}$	1.55	0.89	8.12	2.34	3.56	2.25		$\text{NH}_3\text{-N}$	2.73	3.56	12.41	3.59	7.09	4.83
	Cl^-	17.4	16.3	44.7	18.4	37.6	269.0		Cl^-	19.5	24.8	42.7	25.8	146.0	591.0
1969 2.2	MBAS	0.39	4.53	3.51	3.81	0.94	1.43	1970 2.15	MBAS	1.29	2.47	6.21	3.12	2.76	3.15
	COD	1.38	5.95	7.63	8.55	3.98	3.94		COD	5.15	8.64	13.97	8.28	8.68	8.16
	$\text{NH}_3\text{-N}$	2.18	1.07	10.98	1.57	1.99	3.36		$\text{NH}_3\text{-N}$	5.16	7.29	20.53	6.31	9.04	9.23
	Cl^-	14.2	22.0	43.6	19.1	35.5	892.0		Cl^-	31.0	32.0	52.5	34.7	39.9	454.0
4.21	MBAS	0.50	2.53	4.34	2.05	0.89	1.32	4.19	MBAS	0.94	8.87	4.60	2.35	1.53	1.79
	COD	4.00	9.40	16.01	13.92	8.82	10.79		COD	6.09	27.36	12.91	6.94	0.87	11.25
	$\text{NH}_3\text{-N}$	1.47	0.96	11.30	2.29	2.34	2.84		$\text{NH}_3\text{-N}$	2.63	2.75	16.24	2.55	5.90	5.19
	Cl^-	25.9	15.4	26.9	7.09	3.96	199.0		Cl^-	23.4	30.5	53.1	22.2	26.1	406.0

している下水の MBAS 濃度は非常に高い値を示し、測定日における MBAS 負荷量は平瀬川のそれとほぼ等しかった。このことから二子橋地点の MBAS 濃度は平瀬川と下水路の両者による影響を強く受けていることが確認できた。とくに下水が充分拡散されないまま二子橋に至っていることは 5 月 11 日の測定結果からもわかる。したがって従来二子橋の採水地点は Fig.-4 の ⑥の地点としてきたが、今後の測定においては、上記⑨付近の地点に変更する必要があるだろう。そして多摩川の汚濁状況を考察するに際しては、本流に流入する支流とともに下水溝から直接流入する下水についても充分考慮する必要があろう。

平瀬川は野川と同様、本流に対する影響力が大きい支流河川であるが、野川では MBAS 濃度と $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は共に高い値を示すのに対し、平瀬川においては、MBAS 濃度が高い一方 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は低い。したがって、それぞれの支流における汚濁の内容にかなりの相違があるものと思われる。詳細については未検討である。

二子橋、野川および平瀬川各地点での MBAS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 濃度は上昇の傾向にあるが、その下流の丸子橋では MBAS 濃度は 1967 年をピークとして年々減少の傾向を示している。また定期的測定の採水地点のうち最も上流にある水道橋においてもやや減少の傾向が見られる。これは、洗剤ソフト化の進行に伴ない、これらの地点付近で洗剤中のソフト成分が自浄作用を受け分解するということも一因と考えられる。

Fig.-4 Sampling spots near Futakobashi.

Table-2 MBAS concentration and load near Futakobashi.

Sampling spot	MBAS conc. (mg/l)	Discharge (m^3/sec)	MBAS load (g/sec)
①	1.26	0.22	0.28
②	0.59	3.63	2.16
③	0.83	—	—
④	2.07	—	—
⑤	10.62	0.03	0.28
⑥	2.19	—	—
⑦	0.56	—	—
⑧	0.68	—	—
⑨	0.78	3.50	2.74
			①+②+⑤=2.72

3.2 赤外線分析結果

1967 年から 1969 年までの多摩川における赤外線分析法による測定結果を Table-3 に示す。全濃度は 1030 cm^{-1} 、ABS は 655 cm^{-1} により、LAS は全濃度と ABS の差から求めた。ただし、1967 年は 1410 cm^{-1} (LAS) と 1367 cm^{-1} (ABS) の吸収を用いた⁴⁾。

Table-3 The ratio of LAS to ABS in the water of the Tama River.

Sampling date	1967 8.21		1968 8.19		1969 7.22	
	LAS	ABS	LAS	ABS	LAS	ABS
Tamagawarabashi	—	—	—	—	50	50
Kinuta	—	—	37	63	52	48
Hirasegawa	—	—	39	61	68	32
Nogawa	25	75	31	69	68	32
Futakobashi	15	85	35	65	78	22
Marukobashi	20	80	—	—	49	51

Table-3 からわかるように、多摩川における LAS の比率は年々増加の傾向を示し、1969 年には 50~78% に達した。1969 年 11 月における通産省の推算によれば合成洗剤のソフト化率は約 83% 程度であり、河川水中ではそれよりいくらか低い値を示している。これは LAS が ABS に比べ、より生分解を受けやすいことが関係しているものと思われる。すなわち、多摩川原橋、砧および丸子橋ではそれぞれの地点に至るまでの区間で LAS が自浄作用により生分解を受けうる可能性があり、また支流の平瀬川、野川での値がやや高いのは本流よりも自浄作用が弱いためであることなどが考えられる。二子橋下流地点で急に LAS が多くなっているのはきょう雑物の影響とも考えられるが詳細は未検討である。

4 総 括

以上の結果から、多摩川においては、依然汚濁化が進行しており、とくに支流の汚濁に関しては家庭下水の流入による影響が大きいと考えられる。また本流（おもに上流、中流）ではまだかなりの自浄作用が働いていてソフト化による効果が認められた。しかし、河川水中における MBAS 量は増加しており、LAS 自体の量も相当多くなっているため、洗剤による水質汚濁の防止だけに着目してもソフト化だけでは十分な成果は期待できないであろう。水質汚濁の問題は、下水道施設を完備し、下水を直接河川へ放流しなければある程度解決されるであろう。

文 献

- 1) 村上ら、油化学, 13, 217 (1964)
- 2) 大沢ら、油化学, 14, 635 (1965)
- 3) 大田ら、油化学, 16, 366 (1967)
- 4) 三浦ら、油化学, 17, 635 (1968)

- 5) 日本下水道協会編 “下水試験法 1967 年版” (1967) 日本下水道協会 東京
- 6) C.P. Ogden *et al.*, *Analyst*, **86**, 22 (1961)
- 7) J.K. Foote *et al.*, *J.W.P.C.F.*, **33**, 85 (1961)
- 8) C.D. Frazee *et al.*, *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, **41**, 334 (1964)
- 9) C.Z. Machlar *et al.*, *J.W.P.C.F.*, **39**, R 92 (1967)
- 10) D. Hummel, *Tenside*, **3**, 73 (1964)

アルキル塩化ベンジルより生成した第四級 アンモニウム塩の界面活性

木 村 誓・鍋 島 太 郎・柏 谷 景 昌

秋田大学鉱山学部燃料化学科 (秋田市手形学園町 1-1)

Surface Activities of Quaternary Ammonium Salts derived from Alkylbenzyl Chlorides

Chikai KIMURA, Taro NABESHIMA and Kageaki KASHIWAYA

Department of Fuel Chemistry, Faculty of Mining, Akita University
(1-1 Gakuen-cho, Tegata, Akiat-shi)

Quaternary ammonium salts were prepared from alkylbenzyl chlorides and pyridine or triethylamine for the purpose of useful application of long-chain alkylbenzenes. Surface activities of these aqueous solutions were determined and compared each other in respects to surface and interfacial tensions, solubilization power and critical micelle concentration (cmc).

Pyridinium salts were found to be superior than triethylammonium compounds in surface and interfacial tensions. Surfactants containing C₃-alkyl group did not show good surface activity and those with C₁₂~C₁₆-alkyl group showed good ability to depress the both tensions. The order of effect of alkyl groups on the ability for depression of both tensions were as follows :

Solubilization power for *p*-dimethylaminobenzene was determined and the results of the experiments showed that lower alkyl groups made the pyridinium salts better than the triethylammonium salts, but the reverse was the case as to the higher alkyl groups. In comparison with triethylammonium salts the pyridinium salts had lower value of cmc when alkyl groups were lower, and had higher values when alkyl groups were higher.

Thus it was concluded that surfactants containing C₁₄-alkyl group had best surface activities in all respects.

1 緒 言

石油化学製品の中間原料であるアルキルベンゼンが、洗剤の製造その他に多量に使用されているが、さらに有効利用開発の一環としてこれらにクロルメチル基を導入¹⁾することも、きわめて意義ある試みと考えられる。この見地から長鎖アルキルベンゼンのクロルメチル化²⁾にいろいろの改良、工夫が提案され、アルキル塩化ベンジルが好収量で製造されるようになった。

これら化合物の簡便な応用製品として第三アミンとの

反応で第四級塩とすれば、陽イオン界面活性剤として使用しうる化合物が考えられる。すでにドデシルベンゼンを原料としてこの型の界面活性剤^{3), 4)}が合成され、その性状の一部が明らかにされてはいるが、詳細の点については今後の検討にまつところも多い。今回の実験においては、アルキルベンゼンにおけるアルキル基の鎖長が界面活性に及ぼす影響を検討する目的で、第三アミンとしてピリジンとトリエチルアミンを使用し第四級塩を生成し、それらの水溶液について表面張力、界面張力、可溶性能およびミセル限界濃度を測定して界面活性性能を比較