分配ペーパークロマトグラフィーによる金属 ジアルキルジチオカルバメートの分離と確認

清水 勲

三菱石油株式会社研究部 (川崎市扇町 12-1)

Separation and Identification of Metal Dialkyldithiocarbamates by Partition Paper Chromatography

Isao SHIMIZU

Research Laboratory, Mitsubishi Oil Co., Ltd.
(12-1, Ohgi-machi, Kawasaki)

Recently, various kinds of metal dialkyldithiocarbamates have been applied as lubricating oil additives.

This paper deals with the separation and identification of metal dialkyldithiocarbamates having one to five carbon atoms in the alkyl group by partition paper chromatography.

It was found that the solvent systems of liquid paraffin (stationary phase)-ethyl alcohol or isopropyl alcohol (mobile phase) and polyoxyethylene octylphenoether (E.O. 10 mol), triphenyl phosphate-tricresyl phosphate (1:1), cresyldiphenyl phosphate or dimethyl phthalate (stationary phase)-*n*-heptane (mobile phase) are suitable for partition paper chromatography of these metal dialkyldithiocarbamates.

R_f values of metal dialkyldithiocarbamates are principally affected by the number of carbon atoms in the alkyl group and not affected so much by the kind of metal in the solvent system of liquid paraffin-ethyl alcohol or isopropyl alcohol. On the other hand, the kind of metal affects remarkably the R_f values as well as the number of carbon atoms in the alkyl group in the other solvent systems.

Metal dialkyldithiocarbamates in lubricating oils can be concentrated by silica gel and alumina adsorption chromatography, and they can be applied to prepare the sample for partition paper chromatography.

1 緒 言

金属ジアルキルジチオカルバメートはゴムの加硫促進剤や安定剤、農業用殺菌剤として広く用いられているが、近年潤滑油の酸化防止剤¹⁾、極圧添加剤²⁾としてもすぐれた性能を有することが認められて注目されている。

金属ジアルキルジチオカルバメートの分離、確認に関しては分配ペーパークロマトグラフィー³⁾、アセチル化ロ紙クロマトグラフィー^{4),5)}や薄層クロマトグラフィー^{6)~10)}などによる方法が報告されているが、いずれもゴム配合剤や殺菌剤を対象にしているためアルキル基の炭素数が4以下のものに限定されている。潤滑油添加剤としては潤滑油に対する溶解度の制約からアルキル基の炭

素数が4以上のものが用いられているので、著者はさに分配ペーパークロマトグラフィーによるこれら亜鉛ジアルキルジチオカルバメートと亜鉛ジアルキルジチオホスフェートの識別方法を検討したが¹¹⁾、今般同法による各種の金属ジアルキルジチオカルバメートの分離と確認の検討を行ない良好な結果を得たので報告する。

2 実 験

2.1 試 料

金属ジアルキルジチオカルバメート (MDDC) の標準試料として下記の構造既知のゴム配合剤と潤滑油添加剤を抽出、吸着クロマトグラフィー、再結晶などの方法によって適宜精製して用いた。これらの性状を Table-1 に示す。

Table-1 Properties of metal dialkyldithiocarbamates (MDDC) used for the experiments.

Structure	mp(°C)	% Metal		
		Metal	Found	Calcd.
$\text{Zn}[(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2]_2$	250~251	Zn	21.5	21.4
$\text{Zn}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$	179~180	Zn	18.2	18.1
$\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$	106~107	Zn	13.7	13.8
$\text{Zn}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$	Liquid	Zn	11.8	12.4
$\text{Cd}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$	249~250	Cd	26.9	27.5
$\text{Cd}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$	70~71	Cd	18.7	19.5
$\text{Ni}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$	89	Ni	12.4	12.6
$\text{Pb}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$	Liquid	Pb	30.7	30.9

$\text{Zn}[(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2]_2$ としてアクセル PZ^{注1)}, $\text{Zn}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$ としてアクセル EZ^{注1)}, $\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ として Butyl Zimate^{注2)}, $\text{Zn}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$ として Vanlube AZ^{注3)}, $\text{Cd}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$ としてアクセル CD^{注1)}, $\text{Cd}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ として Vanlube 61^{注3)}, $\text{Ni}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ としてアンテージ NBC^{注4)}, $\text{Pb}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$ として Vanlube 71^{注3)} を用いた。また標準試料のほかに MDDC 系潤滑油添加剤として Vanlube 73^{注5)} をそのまま供試した。

注 1) 川口化学工業株式会社

注 2) アルキル基直鎖, R.T. Vanderbilt Co., Inc.

注 3) アルキル基混合異性体, R.T. Vanderbilt Co., Inc.

注 4) アルキル基直鎖, 川口化学工業株式会社

注 5) アンチモンジアルキルジチオカルバート油溶液, R. T. Vanderbilt Co., Inc.

2.2 分配ペーパークロマトグラフィー

2.2.1 溶 媒

著者はさきに分配ペーパークロマトグラフィーによる亜鉛ジアルキルジチオカルバートと亜鉛ジアルキルジチオホスフェートの識別には固定相として塩素化パラフィンが適当であることを明らかにしたが¹¹⁾, MDDC 自体の R_f 値としては過小であるので本報では **Table-2** に示す溶媒系について検討を行なった。

ポリオキシエチレンオクチルフェニルエーテルとして E.O. 10 mol のものを用いたのは E.O. 8 mol 以下のものは移動相の n -ヘプタンの溶解度が大きいのでスポットの形が乱れ, また E.O. 12 mol 以上のものは常温より凝固点が高いためである。トリフェニルホスフェート (TPP) とトリクレジルホスフェート (TCP) を混合使用したのは TPP は常温で固体であり, 一方 TCP は n -ヘプタンの溶解度が大きいというそれぞれのもつ問題点をうち消すためである。なお n -ヘプタンに TPP・TCP 混合液を飽和させる場合, 単に両者をかき混ぜて静置するという通常の方法では TCP が n -ヘプタンに選択的に抽出され TPP が析出するので, あらかじめ n -ヘプタンに TCP を飽和させ, これに TPP・TCP 混合液を加えるという方法をとった。

用いた溶媒の性状はつぎのとおりである。

流動パラフィン: 粘度 cSt @ 37.8°C 79.26, cSt @ 98.9°C 7.789, 粘度指数 58.5, n_D^{20} 1.4840, d_4^{20} 0.8885, 平均分子量 403, イオウ 0.01 wt%, アニリン点 105.2°C, 環分析 (n - d - M 法) % C_A 0.0, % C_N 47.4, % C_P 52.6, R_A 0.00, R_N 2.95。

ポリオキシエチレンオクチルフェニルエーテル (E.O. 10 mol): 曇り点 74°C, 凝固点 6°C, 水酸基価 86, 水分 0.29 wt% (日本油脂 (株) ノニオン HS-210 使用)。

TPP: mp 49.0°C, A.V. 0.04, リン 9.4 wt%。

TCP: d_{20}^{20} 1.1772, n_D^{20} 1.5556, A.V. 0.03, リン 8.3 wt%。

クレジルジフェニルホスフェート (CDP): d_{20}^{20} 1.2096, n_D^{20} 1.5601, A.V. 0.05, リン 8.9 wt%。

ジメチルフタレート (DMP): d_{20}^{20} 1.1915, n_D^{20} 1.5127, A.V. 0.01, エステル価 563。

2.2.2 口紙の調製

固定相溶媒 1 容を希釈溶媒 6 容に溶解し, その中に長さ 25 cm, 幅 12 cm の口紙 (東洋濾紙 No. 50) を浸せきしたのち取り出して風乾し, 希釈溶媒を揮発させて実験に供した。希釈溶媒として流動パラフィンには石油エーテル, その他の固定相溶媒にはアセトンを用いた。

2.2.3 展開操作

原点位置は移動相の上昇速度を考慮して決めた。すなわち口紙の下端から溶媒系 A のとき 3 cm, B のとき 2 cm, C のとき 8 cm, D のとき 4 cm, E, F のとき 6 cm の位置に原線をひき, その上に各試料のベンゼンまたはベンゼン-アセトン溶液を 1 cm の間隔をおいて約 5 mm φ の大きさにスポットし, 23~24°C において約 10 cm 展開した。比較すべき試料は同一口紙上で同時に展開するようにした。

試料濃度はとくに記さない限り $\text{Zn}[(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2]_2$, $\text{Zn}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$, $\text{Cd}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$ は 0.3 g/100 ml, Vanlube 73 は 1 g/100 ml, そのほかの MDDC は 0.5 g/100 ml である。

2.2.4 検 出

展開後口紙を風乾し, ジチゾンの 0.01% 四塩化炭素溶液を噴霧して発色させた。亜鉛塩は明るい紫味赤, カドミウム塩はだいたい, 鉛塩は赤味だいたい, ニッケル塩は灰色, アンチモン塩は黄味だだいに呈色した。

2.3 吸着クロマトグラフィー

2.3.1 常 法

シリカゲルはワコーゲル Q-12, 28~200 mesh (和光純薬工業 (株)) を, アルミナは活性アルミナ, 100~200 mesh (西尾工業 (株)) をいずれも 150°C で 3 hr 活性化したものを吸着剤として用いた。

吸着剤 100 g を湿式法 (n -ヘキサン) により 20 mm φ のガラス管に充てんし, 試料の n -ヘキサン溶液を注入

すると同時に流出液の採取を開始した。シリカゲルの場合は 250 ml, アルミナの場合は 300 ml 採取するまで *n*-ヘキサンで展開した。このあといずれもベンゼン-*n*-ヘキサン (1:1) による展開に切りかえて 100 ml 採取し, ついでベンゼンによる展開に切りかえて 150 ml 採取した。さらにエチルアルコール-ベンゼン (3:7) で展開し, シリカゲルの場合 300 ml, アルミナの場合 250 ml 採取した。最後にメチルアルコールで展開しいずれも 100 ml 採出した。溶出物はその展開溶剤組成から 0~300 ml 分を Hexane eluate, 300~600 ml 分を Benzene eluate, 600~800 ml 分を Ethanol eluate, 800~900 ml 分を Methanol eluate とした。

試料は $\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ の場合 2 g を 100 ml の *n*-ヘキサンに溶解し, また 150 ニュートラル油の場合 10 g を 20 ml の *n*-ヘキサンに溶解して供試した。

2.3.2 簡略法

Fig.-1 に示す潤滑油中の $\text{Cd}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$ の分離に用いた方法である。

常法の *n*-ヘキサン展開とメチルアルコール展開を省略した方法で, 吸着剤 100 g を湿式法 (ベンゼン) により 20 mm φ のガラス管に充てんした。試料溶液を注入すると同時に流出液の採取を開始し, 試料溶液の注入が終ってからさらにシリカゲルの場合は 200 ml, アルミナの場合は 250 ml 採取するまでベンゼンで展開した。ついでエチルアルコール-ベンゼン (3:7) による展開に切りかえてシリカゲルの場合 300 ml, アルミナの場合 250 ml 採取した。シリカゲルの場合, 試料溶液として試料油 100 ml をベンゼン 100 ml で希釈したものを用いた。溶出物はその展開溶剤組成から 0~500 ml 分を Benzene eluate, 500~700 ml 分を Ethanol eluate とした。アルミナの場合, 試料溶液として上記 Benzene eluate 500 ml を用いた。溶出物はその展開溶剤組成から 0~800 ml 分を Benzene eluate, 800~1,000 ml 分の Ethanol eluate とした。

3 実験結果および考察

3.1 MDDC の R_f 値

標準試料の R_f 値を **Table-2** に, Vanclube 73 の R_f 値を **Table-3** に示す。

Table-2 から流動パラフィン—エチルアルコールまたはイソプロピルアルコールの溶媒系 (A, B) では金属が同じ場合, アルキルの炭素数が大きくなるに従っ

て R_f 値は小さくなる。この関係は亜鉛ジアルキルジチオホスフェートの場合¹¹⁾と同様である。一方アルキル基が同じ場合は金属が異なっても R_f 値に大きな影響はみられない。溶媒系 B の場合, 本報で用いた MDDC のアルキル基の炭素数別の R_f 値の範囲は C_5 0.59~0.61, C_4 0.70~0.75, C_2 0.87~0.90 で, これらの溶媒系では MDDC は主としてアルキル基の炭素数に従って分離が行なわれることがわかった。

ポリオキシエチレンオクチルフェニルエーテル (E. 0.10 mol) — *n*-ヘプタンの溶媒系 (C) では金属が同じ場合溶媒系 A, B とは逆にアルキル基の炭素数が大きくなるに従って R_f 値が大きくなる。これは固定相, 移動相の極性, 無極性の関係が両者逆になっているためである。またこの溶媒系ではアルキル基の炭素数とともに金属の種類の影響が大きい。たとえばアルキル基が C_5 の MDDC の R_f 値は亜鉛塩 0.86, カドミウム塩 0.78, 鉛塩 0.58 というように金属の種類による差がかなり大きく, 溶媒系 A, B と対照的な特徴を示している。

TPP・TCP (1:1) または CDP—*n*-ヘプタンの溶媒系 (D, E) は溶媒系 C とほぼ同様の傾向を示しているが, R_f 値に対する金属の種類の影響の仕方は幾分異なる。溶媒系 D と E の間にはほとんど差がないが, 溶媒組成が近似していることによるものであろう。

DMP—*n*-ヘプタンの溶媒系 (F) は溶媒系 D, E とほぼ同様の傾向を示している。

潤滑油添加剤として用いられるアルキル基の炭素数が 4 以上の MDDC に対してこれら A~F の溶媒系はいずれも確認のために適当な大きさの R_f 値を与えてい

Table-2 R_f values of MDDC.

Solvent system	A	B	C	D	E	F
Stationary phase	Liquid paraffin		Polyoxyethylene octylphenol ether (E.O. 10 mol)	TPP 50 wt% TCP 50 wt%	CDP	DMP
Mobile phase	Ethyl alcohol	Isopropyl alcohol	<i>n</i> -Heptane			
$\text{Zn}[(\text{CH}_3)_2\text{NCS}_2]_2$	0.95*	0.91*	0.02	0.05	0.05	0.03
$\text{Zn}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$	0.91	0.87	0.15	0.13	0.13	0.13
$\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$	0.64	0.70	0.66	0.44	0.46	0.58
$\text{Zn}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$	0.48	0.59	0.86	0.65	0.68	0.83
$\text{Cd}[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCS}_2]_2$	0.94	0.90	0.05	0.07	0.07	0.05
$\text{Cd}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$	0.48	0.61	0.78*	0.64	0.67	0.86
$\text{Ni}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$	0.70	0.75	0.36	0.23	0.24	0.25
$\text{Pb}[(\text{C}_6\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$	0.50	0.59	0.58	0.45	0.47	0.59

* Tailing

Table-3 R_f values of Vanclube 73.

Solvent system	A	B	C	D	E	F
R_f value	0.44	0.57	0.80	0.33	0.34	0.51

るが、アルキル基の炭素数が2以下の MDDC に対しては溶媒系 A, B は R_f 値が過大であり、これらの確認には溶媒系 C, D, E および F の方が適当である。

Vanlube 73 はアルキル基の炭素数が明らかでないが、Table-3 に示されるように A~F の溶媒系によって単一スポットとして R_f 値を測定できるので Vanlube 73 としての確認は可能である。

なお本報で供試したアルキル基の炭素数が5の MD DC はアルキル基が混合異性体から成るが、いずれも単一スポットとして得られた。これは MDDC の R_f 値に対するアルキル基の影響は炭素数が支配的因子であることによるものと思われる。

3.2 MDDC の R_f 値に対する試料濃度 および共存潤滑油の影響

$\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ を用いて R_f 値に対する試料濃度の影響をみた結果を Table-4 に示す。

Table-4 Effect of concentrations of $\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ on the R_f values.

Solvent system Concn. g/100 ml	A	B	C	D	E	F
0.05	0.64	0.70	0.66	0.44	0.45	0.59
0.1	0.64	0.70	0.66	0.44	0.46	0.58
0.2	0.64	0.70	0.66	0.44	0.46	0.58
0.5	0.64	0.70	0.66	0.44	0.46	0.58
1.0	0.63	0.69	0.64	0.42	0.44	0.58

試料濃度が低くなるに従ってスポットの大きさは次第に小さくなり、0.02 g/100 ml 以下の濃度ではスポットが明りょうでなくなった。 R_f 値に対する試料濃度の影響は小さく、0.1~0.5 g/100 ml の濃度範囲では濃度の影響は認められないが、高濃度の 1.0 g/100 ml の場合全般的に R_f 値が小さくなる。したがって未知試料の確認の場合スポットの大きさが標準試料と同程度になるように濃度を調整する必要がある。

また各溶媒系について $\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ の濃度を 0.5 g/100 ml にしてこれの 1~20 倍の 150 ニュートラル油の共存下で R_f 値の測定を行なったが、亜鉛ジアルキルジチオホスフェート¹¹⁾、ジアルキルセレンド¹²⁾の場合と同様に共存潤滑油の影響は認められなかった。これらのデータは省略した。潤滑油添加剤は潤滑油溶液として市販されることが多い。また市販潤滑油から添加剤を分離するにしても潤滑油の共存を完全に避けることはむずかしいが、この結果から潤滑油が共存するまま供試して差支えないことがわかった。

3.3 潤滑油中の MDDC の分離と確認

$\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ と 150 ニュートラル油の吸着クロマトグラフィー（常法）における挙動を Table-5 に示す。

$\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ はシリカゲルクロマトグラフィ

Table-5 Adsorption chromatography of $\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$ and 150 neutral oil.

Sample	$\text{Zn}[(\text{C}_4\text{H}_9)_2\text{NCS}_2]_2$		150 Neutral oil	
Adsorbent	Silica gel	Alumina	Silica gel	Alumina
Hexane eluate %	0.0	0.0	79.7	96.8
Benzene eluate %	98.3*	0.0	19.7	2.4
Ethanol eluate %	0.1	90.1**	0.4	0.2
Methanol eluate %	0.0	0.6	0.0	0.0
Recovery %	98.4	90.7	99.8	99.4

* mp 106~107°C ** mp 106~107°C

ーではベンゼンによって溶出し、アルミナクロマトグラフィーでは幾分回収率は落ちるがエチルアルコールによって溶出するという興味深い結果を示している。150 ニュートラル油の例に示されるように潤滑油はヘキサンによって成分の大半が溶出するので、シリカゲルクロマトグラフィーまたはアルミナクロマトグラフィーによって潤滑油中の MDDC を濃縮できるが、MDDC の吸着挙動がシリカゲルとアルミナとで異なることを利用すればより高度の濃縮が可能である。これを $\text{Cd}[(\text{C}_5\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$ 添加油について試みた結果を Fig.-1 に示す。吸着クロマトグラフィーは簡略法を用いた。

Fig.-1 Schematic diagram of $\text{Cd}[(\text{C}_5\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$ separation from lubricating oil by adsorption chromatography

すなわちまずシリカゲルクロマトグラフィーによって潤滑油のレジンを除き、ついでアルミナクロマトグラフィーによって飽和分と芳香族分を除いて MDDC を分離しようとするもので、Fig.-1 に示されるように $\text{Cd}[(\text{C}_5\text{H}_{11})_2\text{NCS}_2]_2$ は結晶として分離され、その標準試料と同じ R_f 値を示した。市販潤滑油の場合各種の添加剤を含有しているが、この方法によって分配ペーパークロマトグラフィーに供試できる濃度に MDDC を濃縮することは可能と考えられる。

おわりに 本研究に対し懇切な御指導をたまわった 当社豊口満

研究部長に厚く感謝の意を表する。

(昭和 45 年 5 月 28 日受理)

文 献

- 1) W.F. Ford, Jr., D.O. Popovac, R.C. Sias, *U.S.* 3, 193,504(Cl. 252-75), July 6, 1965, Appl. Sept. 3, 1956 & May 5, 1960
- 2) H.F. Farmer, B.W. Malone, H.F. Tompkins, *Lub. Eng.*, **23**, 57 (1967)
- 3) 金沢, 佐藤, 分析化学, **10**, 55 (1961)
- 4) 村上, 釧, ゴム協, **33**, 251 (1960)
- 5) 村上, 山本, 釧, ゴム協, **34**, 264 (1961)
- 6) 湯浅, 神谷, 分析化学, **13**, 966 (1964)
- 7) J.W. Hylin, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **1**, (2) 76 (1966)
- 8) 長沢, 太田, 分析化学, **16**, 1285 (1967)
- 9) R. Amos, *J. Chromatog.*, **31**, 263 (1967)
- 10) J.G. Kreiner, W.C. Warner, *J. Chromatog.*, **44**, 315 (1969)
- 11) 清水, 石油誌, **9**, 963 (1966)
- 12) 清水, 油化学, **18**, 36 (1968)

含有機金属界面活性剤の合成とその性質 (第 7 報)

シロキサン系陽イオン界面活性剤

牧 宏 久・堀 口 恭 伸・菅 孝 明・小 森 三 郎

大阪大学工学部応用化学教室 (吹田市山田上)

Syntheses and Properties of Surfactants Containing Organometals. VII. Cationic Surfactants Containing Dimethylpolysiloxane

Hirohisa MAKI, Yasunobu HORIGUCHI, Takaaki SUGA and Saburō KOMORI

Department of Chemical Technology, Faculty of Engineering, Osaka University
(Yamadakami, Suita, Osaka)

The authors synthesized cationic surfactants containing dimethylpolysiloxane whose hydrophobic groups were linear, two-chained and three-chained, and investigated their surface activities.

Regardless of the structure of hydrophobic groups, these cationic surfactants indicated excellent surface activities to give the lowest values of surface tension in aqueous solutions, as low as 22 to 23 dynes/cm. But they lost their surface activities in acidic ($\text{pH} < 4.5$) and basic ($\text{pH} > 9.5$) aqueous solutions.

They also indicated excellent foaming ability and foam stability, and are expected to have a utility as foaming agents.

In respect to the bacteriostatic action, the cationic surfactants

indicated especially strong activities.

1 緒 言

著者らはケイ素, スズのような有機金属を含む界面活性剤の構造と界面活性の関係, とくに疎水部の形と界面活性の関係について前報^{1)~6)}までに検討してきた。

まず, シロキサン系 (1), シルメチレン系 (2), シラン系, (3) 非イオン界面活性剤;

においては, (2), (3) はそれぞれの疎水部の鎖長を延ばしていても表面張力低下能はあまり変化せず, 著者ら²⁾ および桑村ら⁷⁾ の合成した炭化水素疎水基の一部をメチルシリル基で置換した非イオン界面活性剤にほぼ等しいか, あるいはやや悪い結果を得た。このことから, (2), (3) の水面上における単分子膜中では, 通常の炭化水素系非イオン界面活性剤と同じように, 疎水基が水面上で直立するような配向をしていると推定した。

一方, (1) は (2), (3) と異なりポリシロキサン部の親水性および柔軟性のため特殊な配向性を示し, 鎖の軸