

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26410193

研究課題名(和文) 省エネルギー化に向けた新規抵抗低減剤の開発と分子機構解明

研究課題名(英文) Development of new drag reduction agent and elucidation of molecular mechanism for saving energy

研究代表者

多賀 圭次郎 (Taga, Keijiro)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30163330

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：循環系溶液の流動抵抗を低減させる界面活性分子について、より環境低負荷を目指し、分子の特性(アルキル鎖長と親水基構造)に着目して、新規に合成・開発した。それらの溶液物性を、種々の界面化学的手法(電気伝導度法、表面張力法)および流体粘弾性法(渦抑制・はね戻り)を用いて調査した。その結果、新規界面活性分子(二鎖型、親水基拡張型、両性型)について、極低濃度($\mu\text{mol/kg}$ オーダー)でミセル化を実現するとともに、添加剤導入により、ひも状ミセル形成が促進されることがわかった。また、広い温度範囲で渦抑制・はね戻りを発現するとともに、低温域(0以下)で発現する界面活性分子の開発にも成功した。

研究成果の概要(英文)：We synthesized new surfactants as a drag reducing agent for circulating system from the viewpoint of low environmental burden. We focused on their characteristics such as alkyl chain length and structure of hydrophilic group. The properties in aqueous solution were investigated using various physicochemical methods (Electric Conductivity (EC), Surface Tension measurement (STm), and fluid viscoelasticity (Vortex Inhibition (VI) and Viscoelastic Recoil (VR)). The solution of synthesized surfactants showed quite low critical micelle concentration (CMC) of $\mu\text{mol/kg}$ order from EC and STm measurements, and the formation of worm-like micelle was promoted by the organic additive. Compared to the normal drag reducing surfactant, synthesized surfactants showed VI and VR on the wide temperature range. Among those surfactants, we also succeeded in the development of surfactants showing VI and VR at low temperature less than 0 in the ethylene glycol-water solution.

研究分野：コロイド化学 界面化学 構造化学

キーワード：流動抵抗低減 省エネルギー 界面活性剤 ひも状ミセル 電気伝導度法 流体粘弾性法 親水基拡張型 抵抗低減効果の低温化

1. 研究開始当初の背景

水を媒体とする循環システムに「抵抗低減剤」とよばれる物質を添加すると、循環する水の循環抵抗が大きく減少し、循環に必要なポンプパワーを減少できることが知られている。高層ビルの循環冷却水をモデルターゲットとした実験では、抵抗低減剤の投入後、冬の消費電力量が約 65%減少、夏も約 47%減少との報告がある。抵抗低減剤は 21 世紀の大きな課題である「低炭素社会」実現のための省エネルギー化達成の鍵物質として、大きな期待が寄せられている。

抵抗低減剤はひも状の有機物が中心で、主として高分子と界面活性分子の 2 種類に分類される。高分子は単量体の繰り返し構造を持つ大きな分子であるが、高分子の場合、ポンプ装置の機械的剪断力による高分子構造の破壊(劣化)、また低温域における高分子の粘稠化(性能低下)が問題であった。一方、界面活性分子は一つの分子内で疎水基と親水基とが化学結合により直接結びついた化合物であるが、界面活性分子の場合、高分子構造類似のひも状分子集合体(ミセル)を形成する(図1)ことから、構造破壊が生じても再びも状化(再生)が可能であり、また分子内アルキル鎖長の制御により低温域でもミセルを形成できるといった、高分子にはない特徴を有しており、現在、研究対象が高分

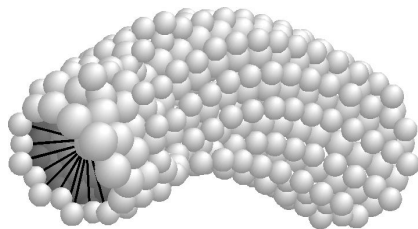


図1 ひも状ミセルの模式図。高分子と類似の構造をもち、ポンプ装置により構造が破壊されても、再生可能である。

子から界面活性分子へと移行しつつある。

これまで、抵抗低減剤として報告された界面活性分子は、極性基がプラスに帯電した陽イオン性の「ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロミド ($C_{16}H_{33}-N^+(CH_3)_3Br$: HTMAB)」である。しかしながら、この分子は強い殺菌作用を有し、漏出による環境負荷が懸念されていることから、ヨーロッパ諸国ではその使用が既に禁止され、CTAB 用プラントも操業停止という事態に陥っている。より安全で環境に低負荷な界面活性分子を、新しい原理を基に創製することが課題となっている。

2. 研究の目的

申請者は、界面活性分子の対イオンを含む極性基およびアルキル鎖の疎水性度が抵抗低減と環境低負荷の両方を実現する指標になると着想し、本研究では、対イオンを有機物に置換した種々のアルキル鎖長の界面活性分子を新規に合成・開発するとともに、様々な温度域におけるその水溶液物性について、種々の界面科学的手法、(1)電気伝導度法、(2)表面張力法、(3)流体粘弾性法、により調査し、水溶液が有する特性と抵抗低減効果との相関を分子レベルで解明することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では上述のように、抵抗低減効果が期待される界面活性分子を新規に合成するとともに、それら溶液の基礎物性および応用物性について、種々の測定法を用いて研究実験を行なった。

(1) 合成

抵抗低減効果を示す Alkyl Tri-Methyl Ammonium Bromide (ATMAB)を基本骨格とし、(1-1)二鎖型カチオン性界面活性剤、(1-2)親水基変更型カチオン性界面活性剤、(1-3)両性界面活性剤、の3種類を新規に合成した。(1-1)については、Di-bromide 法により、ATMAB (鎖長 $n=14-22$)の親水基 ($-N^+(CH_3)_3$)をスパーサー(メチレン鎖、炭素数 $m=3-6$)で連結した。(1-2)については、求核置換反応により、ATMAB($n=16$)の親水基のメチル基をエチル基・ヒドロキシエチル基に変更した。(1-3)については、求核置換反応・酸化反応により、ATMAB($n=12-18$)の親水基をアミノオキシド基 ($-N^+(R_1)(R_2)-O$) ($R_1 \cdot R_2$ はそれぞれメチル基・エチル基・ヒドロキシエチル基)に変更した。

(2) 溶液物性

(2-1) クラフトポイント(Kp)および臨界ミセル濃度(CMC)の決定

「(1)合成」にて合成した新規界面活性剤について、その水溶液の基礎物性である Kp と CMC を調査した。Kp とは水中の界面活性剤の水和結晶が溶解してミセルを形成し始める最低温度であり、CMC とは水中の界面活性剤が集合体(ミセル)を形成し始める最低濃度である。Kp の場合、電気伝導度法では水和結晶の溶解に伴う電気伝導度の急激な上昇が観測されると同時に、水溶液が透明になることで、Kp を決定できる。CMC の場合、電気伝導度法ではミセル形成に伴う電気伝導度の増加度の変化により、また表面張力法では気/水界面での界面活性剤の飽和吸着に伴う表面張力値の一定化(ミセル形成と対応)により、CMC を決定できる。Kp と CMC それぞれについて、(1-1)と(1-2)は電気伝導度法および目視観察にて、(1-3)は表面張力法および目視観察にて行なった。

(2-2) 溶液粘弾性調査

新規界面活性剤の Kp と CMC を決定後、界面活性剤溶液(溶媒:水、エチレングリコール(EG)水)の抵抗低減効果について、流体粘弾性法である渦抑制制度およびはね戻り度観測により調査した。渦抑制とは、スターラーによる溶媒の回転で発生する渦が、抵抗低減剤の添加により、抑制される現象のことをいう(図2(a)(b))。また、はね戻りとは、円滑に回転している溶液が回転停止後、逆方向に回転し始める現象のことをいう(図2(b)(c))。これらの現象は、粘弾性を有する溶液に強く出現することから、抵抗低減効果を判定する簡便かつ確実な方法である。溶液の渦抑制制度およびはね戻り度を目視観測により調査し、溶液の抵抗低減効果の有無を判別するとともに、ひも状ミセルの形成状態と抵抗低減効果発現との相関を、分子レベルの観点から評価した。

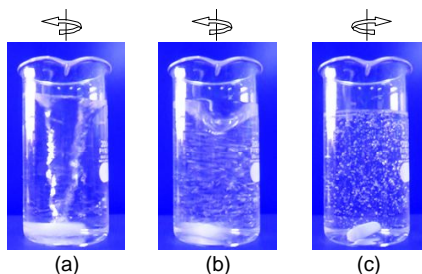


図2 渦抑制および跳ね戻り現象。渦が発生している水((a))に抵抗低減効果剤を添加することで渦の抑制((b))が発生し、また回転が停止すると逆回転((c))し始める。粘弾性を有する水溶液に特徴的な現象である。

4. 研究成果

(1) 合成

合成物について、 $^1\text{H-NMR}$ ・IR 測定による同定を行なった。一連の(1-1)について、 $^1\text{H-NMR}$ で特にスパーサーのメチレン基と主鎖の長鎖アルキル基との相互作用を表すピークを検出したこと、また IR で特に主鎖の長鎖アルキル基の特徴的なピークを検出したことにより、それぞれの化合物が合成できたことを確認した。一連の(1-2)について、 $^1\text{H-NMR}$ と IR で特に親水基のメチル基・エチル基・ヒドロキシエチル基に特徴的なピークを検出したこと、IR で特に主鎖の長鎖アルキル基の特徴的なピークを検出したことにより、それぞれの化合物が合成できたことを確認した。一連の(1-3)について、(1-2)と同様、 $^1\text{H-NMR}$ と IR で特に親水基のメチル基・エチル基・ヒドロキシエチル基に特徴的なピークを検出したこと、また IR で特に親水基 NO に特徴的なピークおよび主鎖の長鎖アルキル基の特徴的なピークを検出したことにより、それぞれの化合物が合成できたことを確認した。

(2) 溶液物性

(2-1) クラフトポイント(Kp)および臨界ミセル濃度(CMC)の決定

「(1)合成」にて合成した新規界面活性剤について、その水溶液の基礎物性である Kp と CMC を調査した。

(2-1-1)(1-1)水溶液

図3は、新規に合成した(1-1) 二鎖型カチオン性界面活性剤の(n・m)の組み合わせ(16・3)における Kp (図3(a))と CMC (図3(b))の測定結果を表わしたものである。横軸は温度(Kp, 図3(a))および濃度(CMC, 図3(b))、縦軸は電気伝導度である。なお、Kp 測定では $270 \mu\text{mol/kg}$ にて、また CMC 測定では 40°C にて行なった。Kp について、温度が 34°C を越えたところで、電気伝導度が急激に上昇していることがわかる。目視観察による水溶液の透明化ともあわせ、Kp を 34.7°C と決定した。CMC について、濃度が $30 \mu\text{mol/kg}$ を越えたところで、電気伝導度の増加度が変化していることがわかる。この屈曲点から CMC を $30.9 \mu\text{mol/kg}$ と決定した。それぞれの値について、一鎖型界面活性剤の Hexadecyl Tri-Methyl Ammonium Bromide (HTMAB, Kp: 29.0°C , CMC: 1.18mmol/kg) と比較すると、Kp は 5°C 程度高温化した一方、CMC は $1/40$ 程度低濃度化した。Kp については、スパーサー導入により親水基間距

離が固定化され、結晶度が高まったと考えられる。CMC については、スパーサー導入によりミセル形成時に発生する親水基間の電荷反発が抑えられ、ミセルが形成されやすくなったと考えられる。なお、一連の(1-1)について、(n・m)の組み合わせにかかわらず、(16・3)と類似した Kp の高温化、CMC の低

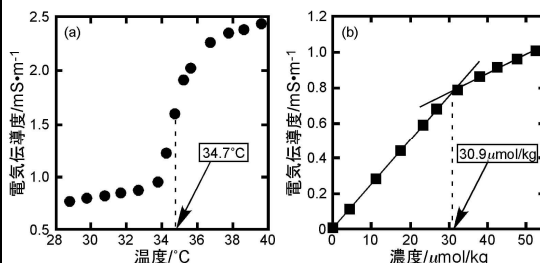


図3 電気伝導度測定による(16-3)における Kp と CMC の測定結果。(a): Kp、(b): CMC。

濃度化を示した。

(2-1-2)(1-2)水溶液

一連の(1-2)について、(1-1)と同様に Kp と CMC の測定を行なった結果、Kp は HTMAB と比較して $5\sim 20^\circ\text{C}$ 程度低温化した一方、CMC はわずかな低濃度化にとどまった。Kp については、親水基にヒドロキシル基を導入することにより溶解性が向上する、親水基構造が非対称化することで水和結晶が不安定化する、この2つの要因が相乗効果となって現れたと考えられる。CMC については、親水基体積の増加により電荷密度が低下する、親水基にヒドロキシル基を導入することにより溶解性が向上する、この2つの要因が拮抗したと考えられる。

(2-1-3)(1-3)水溶液

一連の(1-3)について、(1-1)と同様に Kp と CMC の測定を行なった結果、HTMAB と同鎖長の(1-3)について、Kp は HTMAB と比較して $1\sim 15^\circ\text{C}$ 程度高温化した一方、CMC は $1/100$ 程度低濃度化した。Kp については、親水基へのヒドロキシル基導入による溶解性の向上が期待されたが、 $-\text{N}^+\text{O}$ 基の O と $-\text{OH}$ による分子内水素結合が形成されることにより、水の親水基への水化度が低下したと考えられる。CMC については、親水基が両性であることから、ミセル形成の抑制要因となる親水基間電荷反発がない、両性に伴う静電引力が誘引される、この2つの要因が相乗効果となって現れたと考えられる。他の鎖長の(1-3)について、Kp は鎖長の増加に伴い高温化、CMC は鎖長の増加に伴い低濃度化した。

(2-2) 溶液粘弾性調査 1

新規界面活性剤水溶液の抵抗低減効果について、流体粘弾性法である渦抑制度およびはね戻り度観測により調査した。なお、濃度について、試料量を ppm 単位に統一して行なった。

(2-2-1)(1-1)水溶液

一連の(1-1)水溶液について、簡易的な粘弾性調査を行なったところ、(n・m)の組み合わせが(16・3)、(18・4)、(20・5)、(22・6)の4種類が渦抑制・はね戻りを発現したため、これらについて詳細に検討を行なうこととした。

図4(a)は、(16・3)における測定温度 40°C での渦抑制・はね戻りの濃度依存性を示して

いる。横軸は主剤濃度、縦軸は渦高さ(図2(a)参照)で、白抜きプロットがはね戻りなし、塗りつぶしプロットがはね戻りあり、である。濃度の増加に伴い渦高さが徐々に減少していき、濃度が2000ppmにおいて、はね戻りを発現した。一鎖型界面活性剤のHTMABの場合、CMC以上では球状ミセルが主であり、渦抑制とはね戻りを発現しない。(16・3)の場合、スパーサー導入により親水基間距離が固定化され(電荷反発の抑制)ひも状ミセルの成長が促進されたと考えられる。

図4(b)は、(16・3)にサリチル酸ナトリウム(SalNa)を等電荷比で添加した混合物における測定温度40°Cでの渦抑制・はね戻りの濃度依存性を示している。(16・3)単体の場合(図4(a))と異なり、濃度が350ppmを越えたところで、急激に渦抑制・はね戻りを発現した。混合物の場合、(16・3)の対イオンがBrからSalに交換され、Salが(16・3)の親水基間に入り込み親水基間反発を強く抑えたこと、またSalのベンゼン環が(16・3)のアルキル鎖と疎水性相互作用したこと、これらの要因が相乗効果となってひも状ミセルの形成がより促進されたと考えられる。なお、(n・m)の他の組み合わせ(18・4)、(20・5)、(22・6)についても、(16・3)と同様傾向の渦抑制・はね戻り(単体、SalNa混合物どちらも)を発現した。

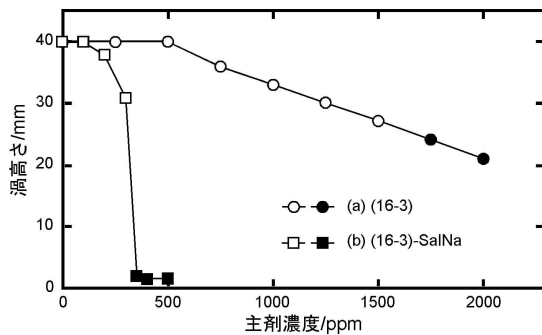


図4 (16-3)および(16-3)-SalNa水溶液における渦抑制・はね戻りの濃度依存性。(a): (16-3)、(b): (16-3)-SalNa。

(2-2-2)(1-2)水溶液

図5は、一連の(1-2)-SalNa混合物水溶液において、渦抑制・はね戻りを特に強く示した2つの化合物、HBHEMAB (Hexadecyl Bis-HydroxyEthyl Methyl Ammonium Bromide)、HDMHEAB (Hexadecyl Di-Methyl HydroxyEthyl Ammonium Bromide)のSalNaとの混合物水溶液の渦抑制・はね戻りの温度依存性を示している(モル比1:3、主剤濃度:500ppm)。横軸は温度、縦軸は渦高さで、白抜きプロットがはね戻りなし、塗りつぶしプロットがはね戻りあり、である。比較として、基準物質のHTMAB-SalNa混合物水溶液のものもあわせて記載した。それぞれの混合物において、渦抑制・はね戻りの発現後、45°Cを越えた温度で渦高さが出現すると同時にはね戻りがなくなり、60°Cでは渦抑制も消失していることがわかる。渦抑制・はね戻りの発現温度範囲について、高温側は3つの混合物でほぼ同じ温度(45°C)であったが、低温側はHBHEMABでは10.2°C、HDMHEABでは2.4°Cとなり、特にHDMHEABにおいて低温化を実現した。(1-1)の図4(b)と同様、Salが親水基間およびアルキル鎖間に入り込むことで、ひも状ミセルの形成が促進されたこと

と、また親水基が非対称化することで低温まで溶解が可能となったこと、これらの要因が相乗効果となって温度範囲が広がったと考えられる。HDMHEABの場合、ヒドロキシエチル基導入による親水基構造の非対称化が大きく寄与したものと考えられる。

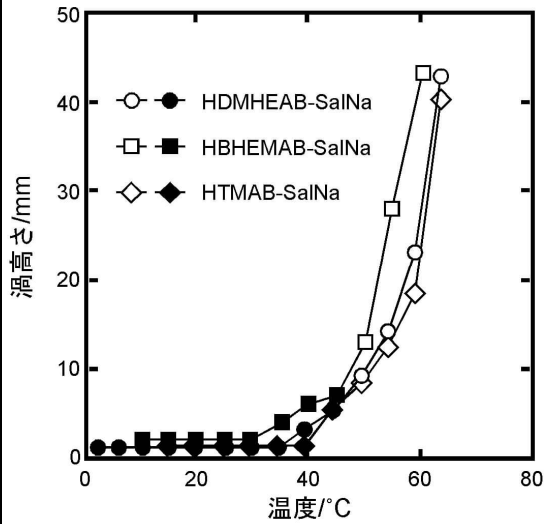


図5 一連の(1-2)-SalNa混合物水溶液における渦抑制・はね戻りの温度依存性。○: HDMHEAB-SalNa、□: HBHEMAB-SalNa、◇: HTMAB-SalNa。

(2-2-3)(1-3)水溶液

図6は、一連の(1-3)水溶液において、渦抑制・はね戻りを示した4つの化合物、HHEMAO (Hexadecyl HydroxyEthyl Methyl Amine Oxide)、ODMAO (Octadecyl Di-Methyl Amine Oxide)、OHEMAO (Octadecyl HydroxyEthyl Methyl Amine Oxide)、OBHEAO (Octadecyl Bis-HydroxyEthyl Amine Oxide)の渦抑制・はね戻りの温度依存性を示している(濃度:1000ppm)。横軸は温度、縦軸は渦高さで、白抜きプロットがはね戻りなし、塗りつぶしプロットがはね戻りあり、である。各化合物の最低温度でのプロット点がKpである。いずれの化合物水溶液においても、Kp以上の温度で渦抑制・はね戻りを発現した。HHEMAOは60°Cまで渦抑制・はね戻りを発現したが、ODMAO・OHEMAO・OBHEAOは測定温度限界の80°Cを越えても渦抑制・

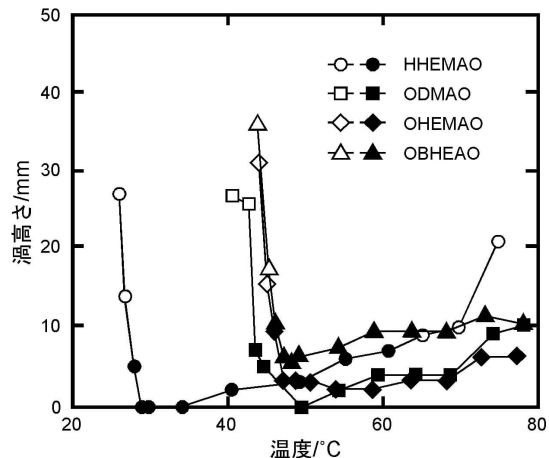


図6 一連の(1-3)水溶液における渦抑制・はね戻りの温度依存性。○: HHEMAO、□: ODMAO、◇: OHEMAO、△: OBHEAO。

はね戻りを発現した。一連の(1-3)は親水基の電荷が中性であり低濃度でミセルを形成しやすいこと、ミセル形成時の親水基間距離が近くなりひも状ミセルの形成が促進されること、これらの要因が相乗効果となって Kp 以上の温度で直ちに渦抑制・はね戻りを発現したと考えられる。また、温度上昇に伴い分子運動は激しくなるが、ODMAO・OHEMAO・OBHEAO は HHEMAO に比べ炭素数が 2 個多いことから、アルキル鎖間相互作用が強く、高温においてもひも状ミセルが破壊されずに維持され、渦抑制・はね戻りを発現し続けたものと考えられる。

(2-3) 溶液粘弾性調査 2

低温域(不凍域)での抵抗低減効果発現を目指し、溶媒を水からエチレングリコール(EG)水溶液へと展開し、新規界面活性剤 EG 水溶液について、流体粘弾性法である渦抑制度およびはね戻り度観測により調査した。新規界面活性剤 (1-3)のうち、アルキル鎖長が 14 および 12 の両性界面活性剤 TBHEAO (Tetradecyl Bis-HydroxyEthyl Amine Oxide)・DBHEAO (Dodecyl Bis-HydroxyEthyl Amine Oxide)、またひも状ミセル形成のための促進剤としてサリチル酸(Sal)を添加剤とした混合物(モル比 1:1)を用いた。EG 水としては EG30w%水溶液を用いた。その結果、TBHEAO-Sal/EG 水では -5°C まで、DBHEAO-Sal/EG 水では -20°C まで、渦抑制・はね戻りを発現した。アルキル鎖長が 14・12 の場合、水ではミセルを形成しにくい、EG 水かつ低温域であることからミセルを形成しやすくなったこと、また Sal 添加によりひも状ミセル形成が促進されたこと、これらが相乗効果となって低温域でも渦抑制・はね戻りを発現したと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

Y. Yamamoto, T. Arai, T. Tomita, Z. Shervani, A. Yoshino, K. Taga, S. Tamano, M. Itoh, Y. Taguchi: Physical Properties in Aqueous Solutions of a Series of Alkyltrimethyl Ammonium Salicylates (C12TA-Sal to C16TA-Sal): From a View Point of Drag Reduction, *Soft Nanoscience Letters*, 査読有, **6** (2016) 45-55.

Y. Yamamoto and K. Taga: Lipid monolayer and interaction with anesthetics, *Encyclopedia of Biocolloid and Biointerface Science*, 査読有, **1** (2016) 36-58.

T. Yokoyama, D. Yoshida, H. Mori, M. Okabe, Z. Shervani, K. Taga, Y. Yamamoto, A. Sumino, T. Dewa, M. Nango, M. Yamamoto: Morphological Observation of Specific Condensation Effect of Cholesterol on Dipalmitoyl Phosphatidyl Choline (DPPC) Monolayer by Dropping Method, *Journal of Biophysical Chemistry*, 査読有, **7** (2016) 98-109.

Y. Kobayashi, R. Hirai, D. Ito, Y. Yamamoto, K. Taga, Z. Shervani: Morphology observation of novel 3,4-bis-alkyloxycarbonyl-hexanedioic acid monolayer on water surface by dropping method, *Journal of Biophysical Chemistry*, 査読有, **7** (2016) 43-48.

Y. Yamamoto, T. Yokoyama, D. Yoshida, H.

Mori, K. Sekiguchi, T. Shimoaki, A. Yoshino, K. Taga, Z. Shervani, M. Yamamoto: Interactions Between Phospholipid Monolayers (DPPC and DMPG) and Anesthetic Isoflurane Observed by Quartz Crystal Oscillator, *Journal of Biophysical Chemistry*, 査読有, **6** (2015) 42-53.

D. Ito, A. Hayashi, H. Horie, H. Mori, A. Yoshino, K. Taga, Y. Yamamoto, Z. Shervani, M. Yamamoto: Action Mechanism of Inhalation Anesthetic on the Change in Membrane Properties, *Proceeding of 9th International Conference on Mechanisms of Anesthesia*, 査読有, **1** (2015) 33.

K. Taga, Y. Yamamoto, S. Tamano, Y. Morinishi, Industrial application of micelles: Drag reduction, *Proceeding of 6th Asian Conference on Colloid and Interface Science*, 査読有, **1** (2015) I-34.

Y. Arai, Y. Yamamoto, A. Yoshino, K. Taga: Properties in aqueous solution of a mixture of an amphoteric surfactant with a series of carboxylic acids, *Proceeding of 1st Asian Conference on Oleo Science*, 査読無, **1** (2014) 188.

[学会発表](計 22 件)

堀江弘明・伊藤大輝・吉野明広・多賀圭次郎・山本靖、リン脂質単分子膜への麻酔薬の吸着および膜界面物性変化、第 47 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、20161105-20161106、豊橋・日本

加藤達也・大橋秀次郎・高橋寛子・吉野明広・山本靖・多賀圭次郎、四級アンモニウムジェミニ型界面活性剤の合成および水溶液物性、第 47 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、20161105-20161106、豊橋・日本

太田博士・飯田真央・山本靖・多賀圭次郎、オクタデシル基を有する一連のアミノオキンド系両性海面活性剤の水溶液物性、第 47 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、20161105-20161106、豊橋・日本

宮嶋勇帆・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、オレイル基を有する一連のカチオン性界面活性剤の水溶液物性、第 64 回レオロジー討論会、20161028-20161030、大阪・日本

山本靖、MAC2015 および研究内容(脂質分子膜への麻酔薬の作用特性)の紹介、麻酔メカニズム研究会 歓談会、20161001-20161001、大阪・日本

平井里奈・早川卓志・小林祐介・伊藤大輝・ザミールシェラワニ・多賀圭次郎・山本靖、種々の鎖長のアニオン性ジェミニ型界面活性剤 3,4-Alkyloxycarbonyl Hexanedioic Acid の相転移挙動 -バイオサーファクタントへの適用を目指して-、第 52 回熱測定討論会、20160928-20160930、徳島・日本

宮嶋勇帆・村田護・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、一連の第 4 級アンモニウム塩型カチオン性界面活性剤の水溶液物性評価、第 67 回コロイドおよび界面化学討論会、20160922-20160924、旭川・日本

小岩世梨花・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、種々の鎖長のアルキル硫酸ナトリウム水溶液の粘弾性効果、日本油化学会第 55 回年会、20160907-20160909、奈良・日本

山本靖・多賀圭次郎、ひも状ミセルの工業的応用、日本油化学会第 55 回年会、20160907-20160909、奈良・日本

K. Taga・Y. Yamamoto・S. Tamano・Y. Morinishi, Industrial application of micelles: Drag reduction, 6th Asian Conference on

Colloid and Interface Science (*invited*)、
20151124~20151127、Sasebo・Japan

有安友樹・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、一連のヒドロキシ基を有するカチオン性界面活性剤の水溶液物性、第63回レオロジー討論会、20150923~20150925、神戸・日本

伊藤大輝・林晃弘・堀江弘明・森博也・吉野明広・多賀圭次郎・山本靖・ZameerShervani・山本雅人、分子膜の物性変化という観点からの揮発性分子の作用機構、第66回コロイドおよび界面化学討論会、20150910~20150912、鹿児島・日本

高野孟・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、一連のアルキルトリエチルアンモニウムプロミド水溶液における種々の添加剤効果、第66回コロイドおよび界面化学討論会、20150910~20150912、鹿児島・日本

宮嶋勇帆・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、メチル基およびエチル基を有するアルキルアンモニウム臭化物の水溶液物性、日本油化学会第54回年会、20150908~20150910、名古屋・日本

D. Ito・A. Hayashi・H. Horie・H. Mori・A. Yoshino・K. Taga・Y. Yamamoto・Z. Shervani・M. Yamamoto、Action Mechanism of Inhalation Anesthetic on the Change in Membrane Properties、The 9th International Conference on Mechanisms of Anesthesia (MAC2015)、20150617~20150619、Bonn・Germany

林晃弘・伊藤大輝・山本靖・多賀圭次郎、揮発性麻酔薬の作用によるリン脂質単分子膜界面の物性変化、第45回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、20141129~20141130、春日井・日本

小松巨・山本靖・多賀圭次郎、不凍液中における環境低負荷型抵抗低減剤の開発、名工大テクノフェア2014、20141031、名古屋・日本

小松巨・山本靖・多賀圭次郎、エチレングリコール水溶液中における種々の界面活性剤の水溶液物性、第62回レオロジー討論会、20141015~20141017、福井・日本

村田護・山本靖・多賀圭次郎、微分電気伝導率法によるジェミニ型界面活性剤の会合数の決定、日本油化学会第53回年会、20140909~20140911、札幌・日本

Y. Arai・Y. Yamamoto・A. Yoshino・K. Taga、Properties in aqueous solution of a mixture of an amphoteric surfactant with a series of carboxylic acids、1st Asian Conference on Oleo Science (ACOS2014)、20140908~20140910、Sapporo・Japan

① 有安友樹・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、一連のビス(2-ヒドロキシエチル)アルキルアンモニウムプロミドの水溶液物性、第65回コロイドおよび界面化学討論会、20140903~20140905、東京・日本

② 高野猛・山本靖・吉野明広・多賀圭次郎、一連のアルキルトリエチルアンモニウムプロミドの水溶液物性、第65回コロイドおよび界面化学討論会、20140903~20140905、東京・日本

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：含エチレングリコール流体用流れ促進剤、及びこの促進剤を含む含エチレングリコール循環水

発明者：多賀圭次郎、山本靖、小松巨

権利者：名古屋工業大学大学長

種類：特許

番号：2014-209342号

出願年月日：平成26年10月10日

国内外の別：国内

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ach.nitech.ac.jp/%7Ephyschem/taga/0top.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

多賀圭次郎(TAGA KEIJIRO)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：26410193

(2) 研究分担者

山本靖(YAMAMOTO YASUSHI)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：30335088