

令和 2 年 5 月 20 日現在

機関番号：14602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05948

研究課題名(和文) 環境調和型分子集合性イオン液体の開発

研究課題名(英文) Development of environmentally friendly molecular assembly ionic liquids

研究代表者

吉村 倫一 (Yoshimura, Tomokazu)

奈良女子大学・自然科学系・教授

研究者番号：10339111

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)：イオン液体は、高い熱安定性や導電性などの特性を有し、不揮発性や不燃性の性質から環境負荷の低い溶媒として近年注目されている。本研究では、環境調和型の分子集合性イオン液体の開発を目的として、これまでに報告のない四級アンモニウム塩系ジェミニ型両親媒性イオン液体の分子設計・合成を行い、ジェミニ型両親媒性イオン液体の物性および水溶液中での物理化学的性質を調べ、また、これらのイオン液体を媒体として、オキシエチレン(E0)鎖長に分布のない単一鎖長E0系非イオン界面活性剤の物性や集合体のナノ構造を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したジェミニ型両親媒性イオン液体は、世界で初めての材料であり、独創性および先行性に富み、得られた成果は学術的意義が高い。ジェミニ型構造にすることでCMCを下げられることから使用量削減に繋がるため、環境負荷低減に大いに貢献できる。今後、環境や安全面で使用が規制されると予想される対イオンにフッ素を用いた既存のイオン液体に替わるものとして、本研究で開発した新規イオン液体はさまざまな幅広い工業分野での利用に期待でき、発展性も十分にある。

研究成果の概要(英文)：Ionic liquids are composed entirely of cations and anions, and are liquid under ambient conditions. Their physicochemical properties can be readily tuned for specific applications by utilizing different combinations of the anions and cations. In this study, the surface adsorption and bulk properties of homogeneous E0-type nonionic surfactants in ionic liquids were investigated. Further, we observed the effects of alkyl chain length, the number of alkyl chains, the structure of counterions of the ionic liquids, as well as alkyl chain length of the surfactants.

研究分野：コロイド・界面化学

キーワード：イオン液体 両親媒性イオン液体 融点 非イオン界面活性剤 界面吸着 バルク挙動

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、大量消費から物質循環型社会への転換が見直されており、化学の分野でもさまざまな取り組みが行われている。持続可能な社会を構築していくには、グリーンケミストリー的な取り組みが模索され、物質の創製面においても溶媒や触媒の環境への廃棄とその影響について検討されている。その一つに繰り返し使用が可能なイオン液体の研究が知られている。

(2) イオン液体は、イオンの嵩高さや電荷の非局在化、非対称なイオン構造などにより 100°C 以下に融点をもつ塩である。イオン液体はイオンのみで構成されるため高い熱安定性や高い電導性といった特性があり、不揮発性や不燃性であるため環境負荷の低い溶媒 (green solvent) として知られている。カチオンやアニオンの構造によってその組み合わせは無数に存在し、融点や密度、粘度、極性、疎水性などの様々な物性を変えることができる。そのためイオン液体は現在、反応溶剤、電解質、触媒、ドラッグデリバリーなどの幅広い応用に用いられている。

(3) イオン液体の構造にアルキル鎖を導入することで分子内に親水基と疎水基をもつ両親媒性構造となり、界面吸着や水溶液中での分子集合体の性質をもつ両親媒性物質とイオン液体の両方の性質および機能を併せもつことが期待される。

(4) 既存の界面活性剤 (両親媒性物質) のほとんどは、分子内に 1 つのアルキル基と 1 つの親水基をもつ単鎖型構造である。これまでに申請者は、分子内に 2 つのアルキル基と 2 つの親水基を有する多種多様の 2 疎水鎖 2 親水基構造のジェミニ型界面活性剤の創製を行い、これらは従来型の界面活性剤よりも 1~3 桁低い濃度で優れた界面活性を有することを明らかにした。このことは、界面活性剤を用いる様々な応用面において、少ない使用量で高い性能および効果を発揮できることから、環境低負荷型の新しい界面活性剤の開発に貢献できる。界面活性剤とイオン液体を組み合わせた研究も報告されているが、融点が低下していない場合がほとんどで、室温で液体状態の界面活性剤機能をもつイオン液体に関する研究は申請者が知る限りまったく報告されていない。本申請の第一の目的は、界面活性剤としての性質をもつイオン液体を創製することであり、さらに、環境負荷低減を目指した両親媒性イオン液体に誘導することである。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、まず、2 本のアルキル鎖長が異なる四級アンモニウム塩ジェミニ型両親媒性化合物を合成し、対イオンをさまざまな構造のアニオンに交換して、両親媒性イオン液体の創製を行った。また、エーテルや窒素原子などを含むさまざまな構造のエチレンアミン誘導体を用いて、スペーサー構造の異なる四級アンモニウム塩ジェミニ型化合物を合成し、対イオンの交換により両親媒性イオン液体の創製を行った。合成したこれら両親媒性イオン液体の性質を粘度や電気伝導度などにより調べ、界面活性剤としての性質を表面張力や蛍光などの測定により調べた。また、創製した両親媒性イオン液体を媒体に用いて、単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の界面化学的性質や形成する分子集合体のナノ構造について検討した。

(2) 本研究で開発を目指す分子集合性をもつ両親媒性イオン液体は、現在汎用されている水や有機溶媒に替わる溶剤として、さまざまな幅広い分野での利用が期待される。本研究で提案するジェミニ型構造の両親媒性イオン液体は申請者が世界で初めての分子設計であり、「界面活性剤とイオン液体の両方の特性を併せもつ」という概念の分子設計はほとんど研究例がない。

3. 研究の方法

(1) 2 本のアルキル鎖長の異なるジェミニ型イオン液体の合成

エチレンジアミンのアミノ化化合物 (N,N,N',N'-テトラメチルエチレンジアミン) に臭化アルキルの四級化で 1 本のアルキル鎖を導入し、次いで異なる種類 (アルキル鎖長の異なる) の臭化アルキルで同様に四級化を行い、対イオンにブロミドイオンを有する 2 本のアルキル鎖長の異なるジェミニ型化合物を合成した。この対イオンを BF₄⁻、PF₆⁻、OTf⁻、NTf₂⁻、FSA⁻ にイオン交換することによりジェミニ型両親媒性イオン液体を得た。これらの両親媒性イオン液体は、¹H NMR および元素分析により構造の確認を行った。

(2) 各種エチレンアミンを用いたジェミニ型イオン液体の合成

出発原料にビス (ジメチルアミノエチル) エーテルや N,N,N',N',N'-ペンタメチルジエチレントリアミンなどのエチレンアミン誘導体に臭化アルキルで四級化することにより 2 本のアルキル鎖を導入したブロミド対イオンをもつジェミニ型化合物をまず合成した。この対イオンを BF₄⁻、PF₆⁻、OTf⁻、NTf₂⁻、FSA⁻ にイオン交換することによりジェミニ型両親媒性イオン液体を得た。これらの両親媒性イオン液体は、¹H NMR および元素分析により構造の確認を行った。

(3) 界面化学的性質の評価

ジェミニ型両親媒性イオン液体の性質ならびに水溶液中での物性は、DSC による融点、電導度、粘度、静的表面張力の測定により調べ、気/液界面での吸着・配向について検討した。

(4) ジェミニ型両親媒性イオン液体中における単鎖長非イオン界面活性剤の界面物性

ジェミニ型両親媒性イオン液体を媒体として、単鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤を溶解させ、このときの物性を粘度、静的表面張力、界面粘弾性などの測定により調べた。得られた結果から、気/イオン液体界面での吸着・配向について検討した。

(5) ジェミニ型両親媒性イオン液体中における単鎖長非イオン界面活性剤の集合体ナノ構造

ジェミニ型両親媒性イオン液体を媒体として、単鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤、硫酸エステル塩系アニオン界面活性剤、スルホベタイン系両性界面活性剤を溶解させ、形成する集合体のナノ構造を、X線小角散乱および低温透過型電子顕微鏡を用いて検討した。

4. 研究成果

(1) ジェミニ型両親媒性イオン液体の融点

両親媒性イオン液体の融点は、対イオンが BF_4^- 、 PF_6^- 、 OTf^- よりも FSA^- と NTf_2^- を用いた場合に低くなり、嵩高い構造により融点が大きく低下した。異なる2本のアルキル鎖長を有するジェミニ型両親媒性化合物 $\text{C}_m\text{-2-C}_n\text{NTf}_2$ (m と n はアルキル鎖長を表す) の融点と2本のアルキル鎖の非対称度 n/m ($n \leq m$) の関係を図1に示す。融点は、分子内の2本のアルキル鎖が同種するとき ($n/m = 1$) に高くなり、異種するとき ($0.2 \leq n/m < 1$) に低くなる傾向が見られた。同種のアルキル鎖を含む場合、分子内のアルキル鎖の対称性が高いためパッキングしやすく、アルキル鎖間のファンデルワールス力が強く働くことから高い融点を示すものと考えられる。また、非対称度 n/m が0.2に近い、すなわち一方の鎖長が短い ($n = 2$) ときに、高い融点を示した。これは、2本のアルキル鎖長の違いは大きいものの、短い鎖のイオン性が高く結晶化しやすいために高い融点を示すものと考えられる。ジェミニ型両親媒性化合物は、2本のアルキル鎖の長さ (非対称度) を変えることで、ファンデルワールス力を強めることなく、融点を 40°C 付近まで低下できることは大変価値がある。さらに、長いスペーサーを有するジェミニ型両親媒性イオン液体は、同種のアルキル鎖を有するにもかかわらず、融点を室温以下まで下げることができた。

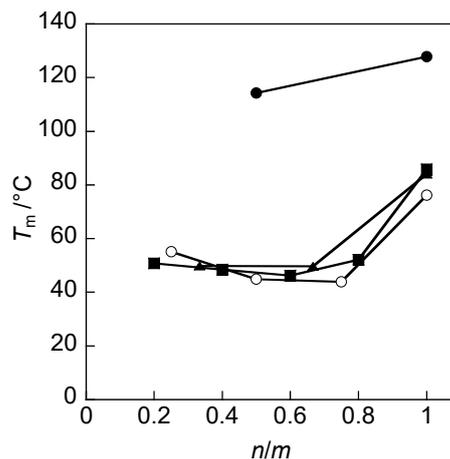


図1. ジェミニ型両親媒性イオン液体 $\text{C}_m\text{-2-C}_n\text{X}$ の融点 T_m とアルキル鎖の非対称度 (n/m) の関係: ●, $m = 4$; ▲, $m = 6$; ○, $m = 8$; ■, $m = 10$

(2) ジェミニ型両親媒性イオン液体の物理化学的性質と水溶液中における界面化学的性質

ジェミニ型両親媒性イオン液体 $\text{C}_6\text{-2-C}_4\text{NTf}_2$ の電導度 (50°C で 2.84 mS m^{-1}) は、対応する単鎖型両親媒性イオン液体 C_4NTf_2 および C_6NTf_2 と比べてそれぞれ 58 分の 1、32 分の 1 であり、単鎖型よりもジェミニ型の方が電導度はかなり低くなった。ジェミニ型両親媒性イオン液体は、カチオン2分子が1つに繋がれた構造のために、電荷の移動度が低下して小さな電導度を示すことが考えられる。四級アンモニウム塩系ジェミニ型両親媒性イオン液体の水および各種有機溶媒に対する溶解性は、イオン液体の分子構造によって大きく異なった。水への溶解性はいずれも低いものの、対イオンに FSA^- および NTf_2^- をもつ両親媒性イオン液体は、クロロホルムやベンゼンに対しては低い溶解性を示すものの、ジメチルスルホキシド (DMSO) やメタノールに対して可溶であり、アセトンや酢酸エチルに対して優れた溶解性を示した。また、ジェミニ型両親媒性イオン液体は、気/水界面に吸着するものの臨界ミセル濃度 (CMC) を示さなかった (図2)。

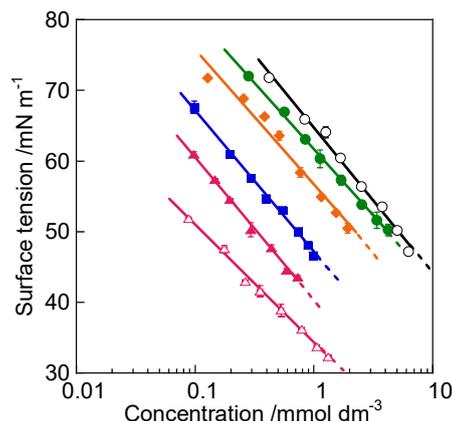


図2. ジェミニ型両親媒性イオン液体 $\text{C}_8\text{-2-C}_n\text{X}$ の表面張力と濃度の関係: ●, $n = 2$; ◇, $n = 4$; ■, $n = 6$; ▲, $n = 8$; △, $n = 8$ (塩添加); ○, C_8FSA .

(3) ジェミニ型両親媒性イオン液体を媒体とした界面活性剤の物性

四級アンモニウム系両親媒性イオン液体を媒体に用いたときの界面活性剤の表面吸着とバルク特性について調べた。四級アンモニウム塩系単鎖型両親媒性イオン液体 (C_4FSA 、 C_8FSA 、 C_4NTf_2) およびジェミニ型両親媒性イオン液体 ($\text{C}_6\text{-2-C}_4\text{NTf}_2$ 、 $\text{C}_{10}\text{-2-C}_4\text{FSA}$) を媒体に用い

た単鎖長 EO 系非イオン界面活性剤 ($C_{12}EO_y$, y は EO 鎖長で、 $y = 6, 8$) の表面張力と濃度の関係を図 3 に示す。濃度 0 におけるプロットは、両親媒性イオン液体単独の表面張力を示す。興味深いことに、界面活性剤の表面張力曲線は媒体として用いた両親媒性イオン液体の種類によって大きく異なった。単鎖型両親媒性イオン液体 C_4 FSA を媒体に用いた場合、非イオン界面活性剤 $C_{12}EO_y$ の表面張力は濃度の増加とともに低下し、 $C_{12}EO_y$ ($y = 6, 8$) ではわずかに屈曲が認められ、 $C_{12}EO_y$ の濃度が増加すると $C_{12}EO_y$ の表面張力 ($C_{12}EO_6$: 35.2 mN m^{-1} , $C_{12}EO_8$: 39.2 mN m^{-1}) に近くなった。これより、界面に吸着していた両親媒性イオン液体は、 $C_{12}EO_y$ の添加によって $C_{12}EO_y$ に置き換わることが示唆される。これは、界面活性剤のアルキル鎖長 (C_{12}) が両親媒性イオン液体の鎖長 (C_4) と比べて長いために、両親媒性イオン液体よりも界面活性剤のアルキル鎖が空気側に配向しやすく、界面が界面活性剤に置換されるものと考えられる。プロトン性イオン液体 bmimBF_4 を媒体に用いた場合は、 $C_{12}EO_6$ および $C_{12}EO_8$ の表面張力曲線に CMC に相当する明瞭な屈曲が認められ、バルクでは水中での CMC の約 1000 倍高い濃度でミセルを形成することが報告されている。一方、四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体を媒体に用いた場合は、非イオン界面活性剤は空気/イオン液体界面に吸着するものの CMC は認められなかった。プロトン性イオン液体および水中では、EO 系非イオン界面活性剤の EO 鎖はエーテル酸素と媒体との間に水素結合を形成することにより親媒的であるが、四級アンモニウム塩系イオン液体中では、これらの中で水素結合を形成することができないために親媒基として働かず、ミセルのような会合体を形成しないことが考えられる。長鎖の両親媒性イオン液体 C_8 FSA を媒体に用いると、非イオン界面活性剤の濃度が増加しても表面張力はほとんど低下しなかった。これは、 C_8 FSA の表面張力 (37.5 mN m^{-1}) と $C_{12}EO_y$ の表面張力が近いためであり、先述した C_4 FSA 媒体の場合を考慮すると、 $C_{12}EO_y$ の濃度の増加により界面の C_8 FSA が $C_{12}EO_y$ に置き換わることが考えられる。あるいは、両親媒性イオン液体の長いアルキル鎖 (C_8) によって $C_{12}EO_y$ との相溶性が向上するために、 $C_{12}EO_y$ は空気/イオン液体界面に吸着しにくく、界面が両親媒性イオン液体のままであることも考えられる。ジェミニ型両親媒性イオン液体 $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂ を媒体に用いた場合、 $C_{12}EO_6$ の表面張力は濃度に依存せず一定であるのに対し、 $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA を媒体に用いた場合、表面張力は低下した。すなわち、ジェミニ型両親媒性イオン液体の構造によって界面吸着に違いが見られた。 $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂ 中における $C_{12}EO_6$ の表面張力は $50 \sim 1000 \text{ mmol dm}^{-3}$ の濃度において $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂ の表面張力に近く、 $C_{12}EO_6$ の表面張力よりも約 4 mN m^{-1} 低くなった。 $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA 媒体の場合、 $C_{12}EO_6$ の $1000 \text{ mmol dm}^{-3}$ において $C_{12}EO_6$ の表面張力よりも約 3 mN m^{-1} 低くなった。 $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA 媒体では、界面活性剤と両親媒性イオン液体の相乗効果により単独系と比べて表面張力が低下するものと考えられる。 $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂ 媒体では、 $C_{12}EO_6$ は界面に吸着せずに両親媒性イオン液体のみが吸着しているか、あるいは $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA ほどではないが $C_{12}EO_6$ とイオン液体の両方が弱い相互作用によって吸着していることが考えられる。 $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂ は、より疎水的な対イオン NTF₂-を有するために、バルクよりも空気に接した界面に吸着・配向した方が安定であり、非イオン界面活性剤を添加しても界面の両親媒性イオン液体は置き換わりにくいも

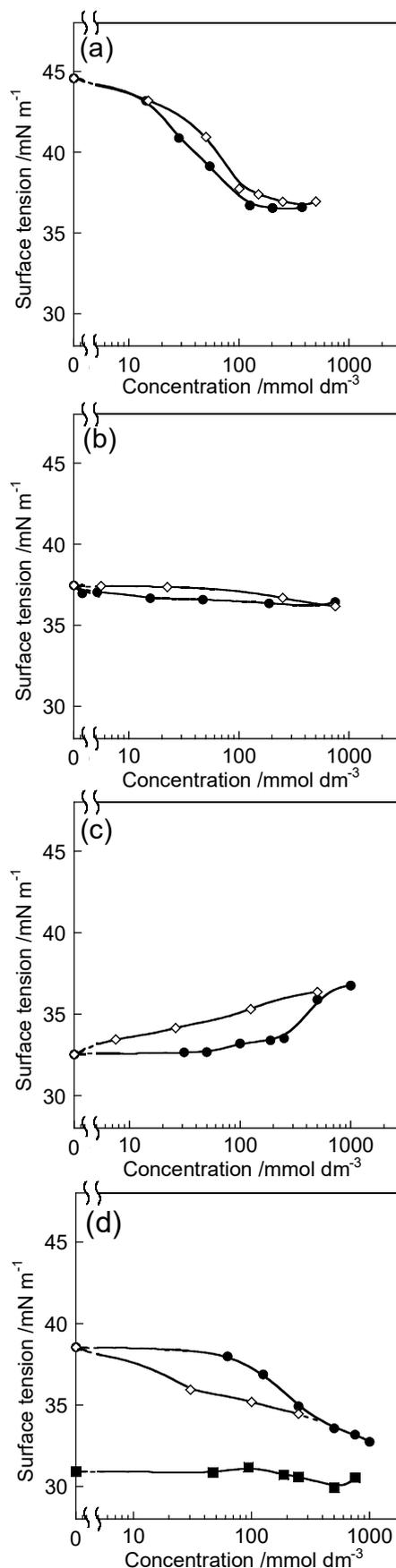


図 3. 単鎖型およびジェミニ型両親媒性イオン液体媒体の界面活性剤 $C_{12}EO_y$ の表面張力：(a) C_4 FSA, (b) C_8 FSA, (c) C_4 NTF₂ (25 °C), (d) $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂, $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA (50 °C) : (a-c) ●, $C_{12}EO_6$; ◇, $C_{12}EO_8$; (d) ■, $C_{12}EO_6$ in $C_6\text{-}2\text{-}C_4$ NTF₂; ●, $C_{12}EO_6$ in $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA; ◇, $C_{12}EO_8$ in $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4$ FSA.

のと考えられる。ジェミニ型両親媒性イオン液体を媒体とした $C_{12}EO_6$ ($500\sim 1000\text{ mmol dm}^{-3}$) の表面張力 ($C_6\text{-}2\text{-}C_4\text{ NTf}_2$: 30 mN m^{-1} 、 $C_{10}\text{-}2\text{-}C_4\text{ FSA}$: $33\sim 34\text{ mN m}^{-1}$) は、単鎖型両親媒性イオン液体 ($C_4\text{ FSA}$ 、 $C_8\text{ FSA}$: 37 mN m^{-1} 、 $C_4\text{ NTf}_2$: $36\sim 37\text{ mN m}^{-1}$) を媒体に用いた場合よりも低くなった。単鎖型からジェミニ型の構造になることで、界面活性剤と両親媒性イオン液体が効率よく界面に吸着し、優れた表面張力低下能を示すことは興味深い。

(4) ジェミニ型両親媒性イオン液体と界面活性剤混合水溶液の物性

両親媒性イオン液体と界面活性剤の混合水溶液 (単鎖型とジェミニ型両親媒性イオン液体の濃度をそれぞれ 2.5 、 0.25 mmol dm^{-3} に固定) の物性について調べた。両親媒性イオン液体として単鎖型 $C_8\text{ FSA}$ 、界面活性剤として EO 系非イオン界面活性剤の $C_{12}EO_6$ を用いた混合水溶液の表面張力は、 $C_{12}EO_6$ の濃度の増加とともに低下し、水中での $C_{12}EO_6$ の挙動と同様に CMC に相当する明瞭な屈曲を示して一定となった。一方、硫酸エステル塩系アニオン界面活性剤 SDS を用いた混合系では、表面張力は SDS の濃度の増加とともに低下し、屈曲を示して一定となった後、増大して再び一定となった。低濃度での屈曲は、ピレン蛍光の I_1/I_3 が低下し始める濃度と一致することから CMC に相当する。この CMC ($0.0741\text{ mmol dm}^{-3}$) は、水中での SDS の CMC (8.2 mmol dm^{-3}) よりもかなり低かった。スルホベタイン系両性界面活性剤 $C_{12}Sb$ を用いた場合、表面張力は $C_{12}Sb$ の濃度の増加とともに低下し CMC に相当する濃度で極小を示した後、増加して一定となった。極小における表面張力は、単鎖型両親媒性イオン液体 ($C_4\text{ FSA}$ 、 $C_8\text{ FSA}$ 、 $C_4\text{ NTf}_2$) よりもジェミニ型両親媒性イオン液体 ($C_{10}\text{-}2\text{-}C_4\text{ FSA}$) を用いた混合系 (33.5 mN m^{-1}) の方が小さくなった。 $C_8\text{ FSA}$ と SDS の混合水溶液では、cryo-TEM 観察より SDS の 3.0 mmol dm^{-3} の濃度でベシクルの形成が認められた (図 4)。SDS の濃度が 5.0 mmol dm^{-3} に増加すると紐状ミセルに転移し、さらに 10 mmol dm^{-3} 以上の濃度では球状ミセルに転移した。嵩高い対イオンをもつ両親媒性イオン液体の四級アンモニウム基と SDS の硫酸エステル基との相互作用により分子の曲率が変化して、会合体の構造が濃度により変わるものと考えられる。

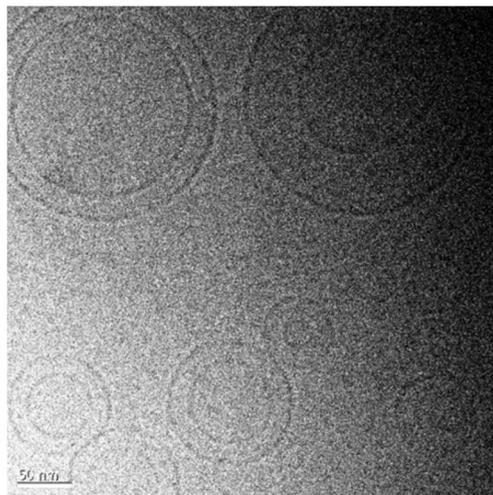


図 4. $C_8\text{ FSA}$ と SDS の混合水溶液の 3.0 mmol dm^{-3} における cryo-TEM 画像

<引用文献>

- ① J. S. Wilkes, M. J. Zaworotko: *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1992, 965.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kawai Risa, Yada Shiho, Yoshimura Tomokazu	4. 巻 -
2. 論文標題 Surface Adsorption and Bulk Properties of Surfactants in Quaternary-Ammonium-Salt-Type Amphiphilic Monomeric and Gemini Ionic Liquids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c00541	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawai Risa, Yada Shiho, Yoshimura Tomokazu	4. 巻 294
2. 論文標題 Characterization and solution properties of adamantane-containing quaternary-ammonium-salt-type amphiphilic ionic liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Molecular Liquids	6. 最初と最後の頁 111586 ~ 111586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molliq.2019.111586	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawai Risa, Yada Shiho, Yoshimura Tomokazu	4. 巻 21
2. 論文標題 Physicochemical and solution properties of quaternary-ammonium-salt-type amphiphilic trimeric ionic liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 25065 ~ 25071
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP05541J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kawai Risa, Yada Shiho, Yoshimura Tomokazu	4. 巻 4
2. 論文標題 Characterization and Solution Properties of Quaternary-Ammonium-Salt-Type Amphiphilic Gemini Ionic Liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 14242 ~ 14250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.9b01660	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 KAWAI Risa, YADA Shiho, YOSHIMURA Tomokazu	4. 巻 93
2. 論文標題 Quaternary-Ammonium-Salt-Type Amphiphilic Ionic Liquids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Colour Material	6. 最初と最後の頁 91 ~ 98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4011/shikizai.93.91	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 河合里紗、吉村倫一	4. 巻 47
2. 論文標題 四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 月刊ファインケミカル (シーエムシー出版)	6. 最初と最後の頁 5-13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計24件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 河合里紗, 大野正司, 好田年成, 矢田詩歩, 吉村倫一
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系ジェミニ型両親媒性イオン液体の層構造
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体と界面活性剤の 2 成分系および水を含む 3 成分系における表面吸着とバルク特性
3. 学会等名 第10回イオン液体討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Risa Kawai, Maiko Niki, Shiho Yada, Tomokazu Yoshimura, Masashi Ohno, Toshinari Koda
2. 発表標題 Surface Adsorption and Layer Structure of Mixed System of Quaternary-Ammonium-Salt-Type Amphiphilic Gemini Ionic Liquid and Homogeneous PolyoxyethyleneType Nonionic Surfactant
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Risa Kawai, Maiko Niki, Shiho Yada, Tomokazu Yoshimura
2. 発表標題 Characterization of Amphiphilic Gemini Ionic Liquids Having Various Spacers and Their Properties with Nonionic Surfactants
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体/界面活性剤/水の3成分系における界面吸着および会合挙動
3. 学会等名 日本油化学会第58回年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢田詩歩, 吉村倫一
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系ジェミニ型両親媒性イオン液体
3. 学会等名 第37回関西界面科学セミナー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Risa Kawai, Maiko Niki, Shiho Yada, Tomokazu Yoshimura
2. 発表標題 Characterization of Quaternary-Ammonium-Salt-Type Amphiphilic Gemini Ionic Liquids with Various Spacer Structures
3. 学会等名 33rd Conference of the European Colloid and Interface Society (2019 ECIS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一
2. 発表標題 種々の構造の四級アンモニウム塩系新規両親媒性イオン液体の開発
3. 学会等名 第9回イオン液体討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仁木舞子, 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 村井将紀, 関口孝治
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体中におけるポリオキシエチレン - ポリオキシプロピレン共重合体ジアルキルエーテルの界面吸着と層挙動
3. 学会等名 第9回イオン液体討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体と界面活性剤の2成分系および水を含む3成分系における表面吸着と会合挙動
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仁木舞子, 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体と単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の2成分系における表面吸着および会合挙動
3. 学会等名 第69回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体と界面活性剤の混合水溶液系における表面吸着挙動
2. 発表標題 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
3. 学会等名 日本油化学会第57回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Risa Kawai, Shiho Yada, Tomokazu Yoshimura, Satoru Hashimoto, Toshiyuki Suzuki
2. 発表標題 Properties of quaternary ammonium salt-type gemini ionic liquids and surface adsorption behavior of polyoxyethylene-type nonionic surfactant in ionic liquid
3. 学会等名 8th International Colloids Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Risa Kawai, Tomokazu Yoshimura
2. 発表標題 Properties of Quaternary Ammonium Salt-Type Ionic Liquids with Adamantyl Group
3. 学会等名 IUPAC Workshop Advances in Analytical Chemistry II (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系イオン液体/界面活性剤/水の3成分系におけるイオン液体と界面活性剤の表面吸着挙動
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仁木舞子, 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体中における界面化学的性質
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Risa Kawai, Shiho Yada, Tomokazu Yoshimura, Satoru Hashimoto, Toshiyuki Suzuki
2. 発表標題 Development of Quaternary Ammonium Salt-Type Novel Ionic Liquids and Properties of Surfactants in Ionic Liquids
3. 学会等名 日本化学会第98春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系イオン液体 / 界面活性剤 / 水の3成分系における表面吸着挙動
3. 学会等名 第8回イオン液体討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 仁木舞子, 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 種々のスペーサー構造を有する四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体中における単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の挙動
3. 学会等名 第8回イオン液体討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Risa Kawai, Shiho Yada, Tomokazu Yoshimura, Satoru Hashimoto, Toshiyuki Suzuki
2. 発表標題 Surface Adsorption Behavior of Nonionic and Ionic Surfactants in Quaternary Ammonium Salt-type Ionic Liquids
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Surface Science (ISSS-8) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河合里紗, 吉村倫一
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系トリメリック型両親媒性イオン液体の合成・物性と水溶液中での界面化学的性質
3. 学会等名 第56回日本油化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 仁木舞子, 河合里紗, 吉村倫一
2. 発表標題 各種エチレンアミン誘導体をスペーサーに用いた四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体の性質と水溶液中での物性
3. 学会等名 第56回日本油化学会年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一, 橋本悟, 鈴木敏幸
2. 発表標題 四級アンモニウム塩系両親媒性イオン液体中における非イオンおよびイオン性界面活性剤の表面吸着挙動
3. 学会等名 第68回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 仁木舞子, 河合里紗, 矢田詩歩, 吉村倫一
2. 発表標題 種々のスパーサーを有する四級アンモニウム塩系ジェミニ型イオン液体を媒体とした単一鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤の物性
3. 学会等名 第68回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

吉村研究室ホームページ http://www.chem.nara-wu.ac.jp/~yoshimura/researchmap https://researchmap.jp/read0056241

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考