

— 小特集 界面活性を示す機能性物質の潮流 —

多機能両親媒性イオン液体：界面吸着からバルク構造まで

河合里紗*・吉村倫一*,†

* 奈良女子大学大学院自然科学系化学領域 奈良県奈良市北魚屋西町 (〒630-8506)

† Corresponding Author, E-mail: yoshimura@cc.nara-wu.ac.jp

(2025年6月4日受付, 2025年6月23日受理, 2025年9月20日公開)

要 旨

イオン液体は、不揮発性や不燃性といった特性を有し、水や有機溶媒とは異なる第3の液体として注目されている。筆者らは、イオン液体と界面活性剤の両特性を併せもつ両親媒性イオン液体の性能の向上と機能の発現を目指し、四級アンモニウム塩系の新規両親媒性イオン液体を多様な構造で合成し、その構造と物性に関する研究を進めてきた。本稿では、ジェミニ型両親媒性イオン液体による単分子膜形成、両親媒性イオン液体を媒体とした界面活性剤の界面吸着およびバルクでの層構造形成、さらに両親媒性イオン液体と界面活性剤の混合水溶液における表面吸着挙動と会合体形成について、最近の成果を中心に紹介する。

キーワード：両親媒性イオン液体、ジェミニ型イオン液体、単分子膜、表面吸着、バルク特性

1. 緒 言

イオン液体は、カチオンとアニオンのみで構成され、100℃以下で液体状態を保つユニークな塩である。その不揮発性や不燃性の性質から、水や有機溶媒に代わる環境負荷の低い新しい溶媒として注目を集めている¹⁻⁵⁾。1992年にWilkesらによって、空気や水に対して安定で、常温でも液体のイオン液体が初めて報告¹⁾されて以来、イオン液体に関する研究は目覚ましい勢いで発展してきた。さらに、イオン液体は、イオン対の無限とも言える組み合わせにより、融点、密度、粘度、極性などの物理化学的性質を自在に変えることができるため、反応溶媒^{2,3)}、電解質^{3,4)}、触媒⁴⁻⁶⁾、潤滑剤⁷⁾、ドラッグデリバリー⁸⁾など、多岐にわたる用途展開が期待されている。近年も多様な構造と機能を備えた新しいイオン液体が次々と報告され、さらなる高性能化や機能拡張が強く望まれている。

界面活性剤は、分子内に親水基と疎水基を併せもつ両親媒性の性質から、界面での吸着と会合体形成を活かし、洗浄、化粧品、塗料など、日常のさまざまな場面で活用されている。従来の単鎖型界面活性剤同士を連結基（スパーサー）で繋いだジェミニ型界面活性剤は、従来型と比べて低い臨界ミセル濃度（CMC）や高い表面張力低下能を示すことで注目を集めている^{9,10)}。

筆者らは、イオン液体と界面活性剤の両方の特性を兼ね備える「両親媒性イオン液体」に着目し、性能の向上と新たな機能性の発現を目指してきた。分子設計・合成から、水溶液中での物性評価、界面吸着やバルクでの特異な挙動の解明まで、多角的に取り組んできた¹¹⁻¹⁷⁾。本稿では、筆者の最新の研究成果を以下の三つに分けて紹介する。

- (1) 水表面におけ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単分子膜形成
- (2) 両親媒性イオン液体を媒体としたポリオキシエチレン（EO）-ポリオキシプロピレン（PO）共重合体ジアルキルエーテルの表面吸着とバルク挙動
- (3) 両親媒性イオン液体と従来型界面活性剤の混合水溶液における表面吸着と会合挙動

これらの成果を通して、両親媒性イオン液体の界面化学における新たな可能性を探る。

2. ジェミニ型両親媒性イオン液体の単分子膜形成

筆者らはこれまでに、ジェミニ型両親媒性イオン液体の空気／水界面および空気／イオン液体界面での吸着挙動を詳細に調べ、それらの物性がアルキル鎖長やスパーサー構造により大きく変わることを明らかにしてきた^{11-14,17)}。とくに、フッ素原子を含む対イオンを有するジェミニ型両親媒性イオン液体は、高い疎水性のために、水中での高濃度領域の物性評価は難しい一方、気／水界面では密な分子パッキングと特異な配向を示す



〔氏名〕 かわい りさ
〔現職〕 奈良女子大学大学院自然科学系 助教
〔趣味〕 ピアノ
〔経歴〕 2020年3月奈良女子大学大学院人間文化研究科博士後期課程共生自然科学専攻修了。博士（理学）。2020年4月鈴鹿工業高等専門学校材料工学科助教。2023年4月同講師。2020年4月～2024年3月奈良女子大学大和・紀伊半島学研究所協力研究員。2024年4月より現職（化学生物環境学科化学コース兼任）。



〔氏名〕 よしむら ともかず
〔現職〕 奈良女子大学大学院自然科学系 教授
〔趣味〕 観光地・世界遺産巡り
〔経歴〕 2001年3月熊本大学大学院博士後期課程修了。博士（工学）。2001年4月東京理科大学理学部応用化学科 助手。2006年3月同講師。2006年4月奈良女子大学大学院人間文化研究科 助教授。2007年4月同准教授。2012年4月同研究院自然科学系（配置換）准教授。2014年4月より現職（化学生物環境学科化学コース兼任・環境科学コース兼任）。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/