総　説

J. Jpn. Soc. Colour Mater., **94**〔7〕, 196-201 (2021)

光応答性ハイブリッド界面活性剤の合成と溶液物性の探索

齋藤典生*,†

*東京理科大学工学部工業化学科　東京都新宿区神楽坂1-3（〒162-8601）
† Corresponding Author, E-mail: nsaito@rs.tus.ac.jp

（2021年5月7日受付，2021年6月1日受理）

要　　旨

アゾベンゼンを修飾した光応答性カチオン性ハイブリッド界面活性剤を合成し，表面張力低下能やゲル化剤としての物性探索を行った。疎水基であるフッ化炭素鎖と炭化水素鎖の長さを変化させて水溶液表面張力の光応答性を評価した結果，紫外光を照射すると30 mN/m以上の表面張力変化を発揮する組成を見いだした。また，フッ化炭素鎖をパーフルオロヘキシル鎖以上に伸長すると，アセトンやクロロホルムなどの有機溶媒をゲル化するようになり，これらのゲルは光・熱・応力に応答してゲルとゾル状態が自律的に転移する多刺激応答性を示した。

キーワード：界面活性剤，刺激応答性，表面張力，ゲル，フッ化物

1. はじめに

界面活性剤は，洗浄，乳化，分散，可溶化，気泡・消泡など実に多種多様な機能を示し，洗剤や化粧品，食品といった身の回りのさまざまな工業製品に用いられている。また，界面活性剤を利用した表面界面現象は，エネルギーやエレクトロニクス，ナノテクノロジーといった先端科学分野においても幅広く使用されており[1,2]，その応用分野は多岐にわたる。界面活性剤が上記の溶液機能を発現するうえで最も重要な基礎的性質が「自己集合性」であり，界面活性剤の分子集合を自在に制御することは，界面化学の研究者が長年取り組んでいる課題の一つと言える。

界面活性剤が形成する分子集合体で，最もポピュラーなものがミセルである。ミセルとは，多数の界面活性剤の疎水性部位あるいは親水性部位が凝集することで形成するナノスケールの分子集合体である。**図-1**に示すように，ミセル形成に至るまでの界面活性剤の振る舞いは，表面張力曲線から読み取ることができる。図-1中の（1）や（2）のような希薄水溶液において，界面活性剤分子単体は熱力学的に不安定であり，疎水性部位と水分子が接する界面の表面積を減らすために，気液界面に単分子吸着していく。このとき，疎水性部位が外向き（気相方向）に配列するため，界面活性剤濃度の上昇にともない水溶液の表面張力が急激に低下する。やがて気液界面の分子吸着が飽和に達すると，界面活性剤分子が自律的に集合してミセルを形成するとともに，水溶液の表面張力は界面活性剤濃度によらず一定となる。ミセルを形成し始める濃度を臨界ミセル濃度（CMC）と呼び，界面活性剤の疎水性や分子集合性の強さをあらわす指標となっている。

CMCを超えて界面活性剤を水中に溶解させていくと，溶媒中にランダムに分布可能なミセル数が上限に達し，各々のミセルが規則配列したり，より多くの分子を収容可能な集合形態に転移することがある。界面活性剤の分子集合形態には，高分子鎖のように一方向に長く伸びたひも状ミセルや，分子が平面二分子層状に配列したラメラ液晶相，二分子層シートが袋状に閉じたベシクルなど，さまざまな構造が知られており[3]，これらの形態制御は可溶化能やレオロジーなど所望の溶液物性を実現するうえできわめて重要である。

界面活性剤がミセルを形成する駆動力は，おもに疎水性相互作用であり，ミセル化を基礎とする分子集合体の自律形成は，水あるいは水混合溶媒に特異的な現象と言える。これに対し，溶媒中における分子間相互作用が非常に強い低分子化合物の中

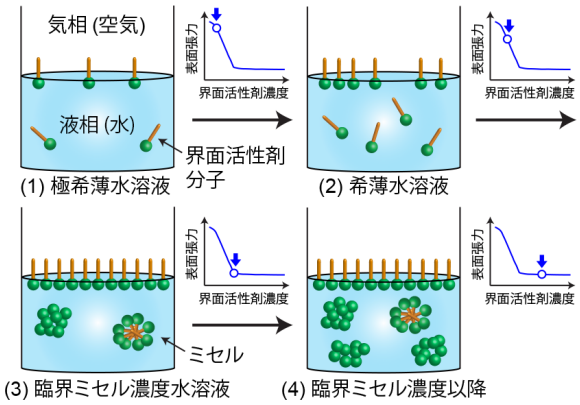

図-1　界面活性剤のミセル化挙動と表面張力の関係

〔氏名〕 さいとう　のりお
〔現職〕 東京理科大学工学部 助教
〔趣味〕 マラソン，サイクリング，動画編集
〔経歴〕 2017年東京工業大学博士後期課程修了。博士（工学）。同年物質・材料研究機構電子セラミックスグループポスドク研究員。2018年より現職。

【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/

© 2021 Journal of the Japan Society of Colour Material