

## 表彰

## 第57回(令和4年度)日本油化学会進歩賞 「新規界面活性剤の合成・物性と分子集合体の 構造解析に関する研究」

矢田 詩 歩 氏

(東京理科大学 工学部)



矢田詩歩氏は、「新規界面活性剤の合成・物性と分子集合体の構造解析に関する研究」をテーマとし、ポリオキシエチレン (EO) 鎖に鎖長分布をもたない単一鎖長EO系や単一鎖長ポリオキシプロピレン (PO)-EO系などの特殊な構造および機能を有する新規非イオン界面活性剤を多種類合成して、それらの物理化学的性質と水溶液中での分子集合体の詳細なナノ構造について明らかにされました。開発したこれらの界面活性剤はEOおよびPO鎖長に分布のまったくない単一鎖長であり、優れた性能を有し、環境負荷の低減に優れることから、工業的に重要な乳化、分散、可溶化などの分野で画期的な機能性材料を提供するものです。とくに、同氏がこれらの非イオン界面活性剤の分子設計指針を確立し、緻密な実験で優れた性能を見出して、応用面で新分野を開拓されたことは高く評価されます。最近では、世界でも例のほとんどない中性子小角散乱 (SANS) を用いた、界面活性剤がつくる泡沫の構造解析にも新たな研究テーマとして取り組んでおられます。本成果は、今後の油化学の発展に大きく貢献すると判断し、進歩賞を授与することとしました。なお、同氏の研究業績は、以下のようにまとめることができます。

### 1. 高性能および高機能化を目指した新規単一鎖長ポリオキシエチレン系界面活性剤の合成と水溶液物性に関する研究

EO鎖長に分布を有する既存のEO系非イオン界面活性剤に対し、さらなる性能の向上や機能性の発現を目指して、EO鎖長分布をもたない単一鎖長EO系界面活性剤に関する研究を行ってきました。(1)EO鎖末端に単一鎖長PO鎖を修飾したPO-EO系、(2)EO鎖末端にメトキシ基およびエトキシ基を修飾させたアルコキシ-EO系、(3)アルキル基に2本の多分岐鎖を有する多分岐鎖型EO系の3種類の新規単一鎖長EO系非イオン界面活性剤を新規に分子設計し、ポリエチレングリコールやポリプロピレングリコールを用いることで合成に成功しました。従来のEO系およびPO-EO系界面活性剤の

合成には、一般に酸化エチレンや酸化プロピレンが使用されています。しかし、これらの物質は排出制限が求められていることから、両者を使用することなく合成できた点で評価できます。これらの界面化学的性質を曇点や静的・動的表面張力などの測定により詳細に調べ、界面活性剤が水溶液中で形成する分子集合体のナノ構造は、大型放射光施設SPring-8に設置のX線小角散乱(SAXS)および大強度陽子加速器施設J-PARCに設置のSANSの装置を用いて詳細に検討しました。PO-EO系およびアルコキシ-EO系界面活性剤は、高い表面張力低下能を示して気/液界面に効率よく吸着・配向し、水溶液中ではミセル形成能に優れることがわかりました。EO系界面活性剤は高濃度においてヘキサゴナル液晶を形成するのに対し、このEO鎖末端にPO鎖を導入した単一鎖長PO-EO系界面活性剤は、分子の曲率が大きくなるためにヘキサゴナル液晶の形成を制御できることが明らかになりました。多分岐鎖型EO系非イオン界面活性剤は、表面張力を $30 \text{ mN m}^{-1}$ 以下に大きく低下させることができ、環境負荷の低減に繋がる高性能かつ高機能な界面活性剤の開発に成功しました。これらの各種界面活性剤を用いて、可溶化や乳化特性、水晶振動子マイクロバランス(QCM)を用いた洗浄力の評価、金ナノ粒子の調製、構造評価と触媒活性についても検討し、これらの物性と分子構造との関係を明らかにして、単一鎖長EO鎖ならではの特性を見出しました。現在、産業分野で使用されているEO系界面活性剤はEO鎖に鎖長分布を有するものがほとんどですが、その正確な物性を把握するためには鎖長分布のない単一鎖長の界面活性剤の開発が強く望まれています。そのなかで同氏の研究成果は、界面活性剤が関係する油化学の分野で大変意義があり、高く評価されます。

### 2. 中性子小角散乱を用いた泡沫の構造解析に関する研究

界面活性剤が形成する泡沫のマクロな構造は起泡力や泡沫安定性の評価、ミクロな構造は単一平面膜の反射率や分離圧などの評価により調べられていますが、泡沫の

マイクロ構造を直接調べた研究はほとんど報告されていません。そこで同氏は、前例の乏しいSANSを中心に用いて、界面活性剤が形成する泡沫のマイクロ構造について研究を行ってきました。(1) ヒドロキシ基含有アミノ酸系アニオン、(2) 多分岐鎖型単鎖長EO系非イオン、(3) 単鎖長ポリオキシエチレン硫酸エステル塩系アニオンの3種類の新規界面活性剤がつくる泡沫のSANS測定を行い、溶液安定性評価装置による透過光と後方散乱光、動的表面張力、粘度、界面粘弾性などの測定と組み合わせることで泡沫の構造と安定性を詳細に検討しました。SANS測定により、泡膜中にミセルが存在することや、泡膜の厚み、総量、泡沫中の界面活性剤の体積分率などの時間に依存した情報を一度に定量的に得ることに成功しました。泡沫特性に及ぼすヒドロキシ基の有無やアルキル鎖の分岐度、EO鎖長の影響について明らか

にしました。(1)~(3)の界面活性剤が形成する泡沫の構造解析は、SANSを用いた点で同氏の研究が世界で初めてであり、これらの有用な情報は、界面活性剤の泡が関係する洗浄や化粧品、食品などの産業分野で大いに役立つものです。

以上のように、矢田氏は、一連の単鎖長ポリオキシエチレン系非イオン界面活性剤を開発し、物理化学的性質と水溶液中での分子集合体のナノ構造について解明されました。緻密な分子設計により、単一の分子集合体を形成し、従来の構造決定手法だけでなく、SAXSおよびSANSを用いて、ナノ構造の解明に取り組んだことは高評価に値します。さらに、従来法では構造解析が難しい泡沫に対して、泡沫中の会合状態と泡性能の関係を明らかにされたことは、油化学の発展に大きく貢献するものです。

