



部会だより

コロイドおよび界面化学部会

微粒子で安定化された気液分散体

はじめに

20世紀が始まってすぐに、固体粒子、水と空気を混合すると、粒子が気液界面に吸着し、水中に「泡」が安定化することが、Ramsdenによって学術論文として報告されました。この現象は、現在、浮遊選鉱・脱墨の分野で、有用な鉱物の収集・古紙のリサイクルに利用されています。また、水滴を乾燥粒子の粉体上で転がすと、粒子がその表面を覆い、大気中にて基板上にぬれ広がらず転がる液滴が形成されることが見つかりました。この粒子が表面に吸着した液滴は「リキッドマーブル」と呼ばれ、近年、新たな液体の取り扱い方を可能にする気液分散体として注目を集めています。

21世紀に入ってから、微粒子の界面吸着についての学術研究が活発化し、分析技術の進歩の恩恵を受け、親水的な表面を有する粒子（接触角 $<90^\circ$ ）は泡を、疎水的な表面を有する粒子（接触角 $>90^\circ$ ）はリキッドマーブルを安定化させるのに適しており、粒子表面の親水性疎水性バランスが系を決定する重要な因子の1つであることが明らかになりました。

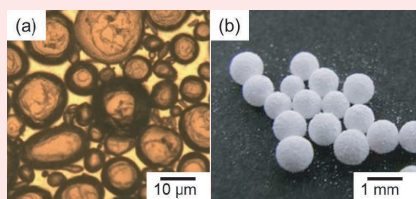


図1 微粒子で安定化された (a) 泡, (b) リキッドマーブル (Copyright 2016, WILEY-VCH.)

刺激応答性気液分散体

微粒子が気液界面に吸着し水中で安定化した泡は、分子レベルの泡安定化剤で安定化された泡と比べて安定性が高く、10年以上も形状維持することがあります。また、その集合体はクリーム状で成形が可能であり、乾燥させると多孔質体が形成されます。これは、微粒子が適度な接触角で気液界面に吸着した場合、界面吸着エネルギーが数万 kT と非常に高く、界面吸着が不可逆的になるためです。

外部刺激によって親水性疎水性バランスの制御が可能な表面を有する微粒子を用いると、オンデマンドに起泡・消泡のコントロールが可能な泡が作製できます。塩基性高分子を表面に有する粒子を用いると、塩基性高分子がプロトネーションしていない pK_a 以上の pH では、粒子は空気と親和性を示すことから界面に吸着し起泡します。一方、 pK_a 以下の pH ではプロトネーションし、高い親水性表面を有する粒子（接触角 $\sim 0^\circ$ ）になることから、粒子は界面から脱着し消泡します。 pK_a の異なる塩基性高分子を粒子表面に導入することで、起泡・消泡の閾値を制御することが可能になります。また、酸性高分子を表面に導入した粒子を用いると、起泡・消泡の pH が逆転します。

リキッドマーブルについても、同様の原理に基づき、外部刺激によって、その形成性・安定性の制御が可能であること

が明らかになりました。希望するタイミングでリキッドマーブルを崩壊させることで、内部液の放出が可能になります。

さらに最近では、温度・光・磁場によって安定性・構造の制御が可能な泡・リキッドマーブルも開発されています。

学際研究のプラットフォーム

微粒子で安定化された気液分散体は、食品、化粧品、製紙、石油精製、医薬をはじめ浄水など、工学、医学および環境学と深く関連しています。コロイドおよび界面化学部会において注目を集めるテーマであり、第63回討論会にて、シンポジウム「界面・分散系の新デザイン：サーファクタントフリー分散系と界面吸着粒子の科学と工学」が開かれました。また、微粒子で安定化された気液分散体の分散・凝集の制御は、基礎学問として重要であるとともに、省エネルギー型のモノづくり、さらには資源問題の解決に繋がる重要な技術です。2017年に、新領域研究グループ「分散凝集の学理構築への科学と技術戦略」が立ち上がり、普遍的かつ汎用性の高い「分散凝集の制御・評価に関する技術戦略」の確立を目指した活動が行われています。

微粒子安定化気液分散体の理解、および材料としての利用を議論する上で、界面化学のみならず、合成化学、物理、数学等との学際研究が必要不可欠です。

〔藤井秀司（大阪工業大学工学部）〕

© 2019 The Chemical Society of Japan