

微小重力環境下でのエマルションの安定性機構解明

酒井 秀樹 (東理大理工)、酒井 健一 (東理大理工)、夏井坂 誠 (JAXA)、坂本 一民 (千葉科学大薬)

Exploration of Emulsion Stability under Micro-Gravity

Hideki Sakai*, Kenichi Sakai, Makoto Natsuisaka and Kazutami Sakamoto

*Tokyo Univ. Sci. Noda, Chiba -5210

E-Mail: hisakai@rs.noda.tus.ac.jp

Abstract: Observation of emulsion formation and its stability under microgravity, by means of liquid to liquid interfacial properties and interaction between droplets, will be conducted. This would promisingly help understand the basic mechanisms of emulsification and stabilization. The outcome of this trial would bring better designing and quality assurance of emulsion products as dispersed colloidal system, which are indispensable for household and institutional applications.

We have found a long-term stable emulsion system with new amphiphilic material through basic research. The objective of this research team is to establish ITT collaboration team with PASTA project in Europe with utilizing this system. **PASTA(Particle Stabilized Emulsions and Foams)**

Key words; Emulsion stability, Space experiment, International collaboration,

1. はじめに

エマルションは相互に不溶な液体からなる熱力学的に不安定なコロイド分散系であり、これを長期的に安定にするため種々の工夫が行われている。しかしながら、エマルションの安定性を予測する理論的な判定法が無いため、長期の品質安定性保証は製品の種々の保存条件における観察や類似乳化物の蓄積データによる経験的な判断に頼らざるを得ない。一方、微小重力下の実験では乳化粒子の凝集・合一の主要な原因となる、分散粒子と分散媒との密度差に起因するクリーミングを回避できるので、エマルションの不安定化の要因の詳細な解析が可能である。(Fig.1)

現在、欧州では泡とエマルションに関する複数のプロジェクト(FASES-EC, FASTER,など)が進行中で、さらに最近注目されている粉体乳化を用いた新たなプロジェクトであるPASTA(Particle Stabilized Emulsions and Foams)が組織されその実行計画策定が進んでいる。従ってPASTAチームとの連携と、その場観察装置の相互利用を通じた、国際共同研究を推進することは、実験機会が単に2倍になるというだけでなく、大きなシナジー効果が期待される。

そこで、本研究チームは、我々が既に基礎研究として見出した新しい安定な乳化系を用い、国際宇宙ステーション搭載のその場観察装置を利用して、エマルションの安定性に関する本質的機構の解明推進に資する事を目的とし、将来的にPASTAチームとの国際共同研究を立ち上げることを目標とする。

2. これまでの研究

我々は先に基礎研究成果から新たな概念である機能性界面制御剤(AIM)を提案した¹⁾。このAIMを用いる事

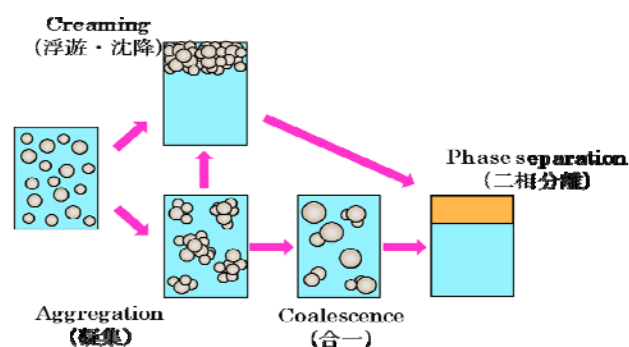


Fig. 1 Emulsion destabilization mechanism

でクリーミングしても合一しない長期安定性が高い特異な乳化系を見出しており、この系を用いた微小重力下の実験によりエマルションの安定性に関する本質的解明が期待される。AIMはいずれの液体相にも実質的に溶解せず、自発的に両液体相の界面に分配される。従って最少の量で最大の界面活性ならびに制御が可能で、再生可能なAIM素材の活用によりエコで持続性のある乳化システムという社会的要請にも合致する。

さらに、AIMは常温、簡易攪拌によって広範囲組成の安定なW/Oエマルションの調製が可能で(Fig.2)、配合順序や乳化法の工夫によって簡便かつ低エネルギーな乳化法で、粒径が200-300nmの透明なナノエマルション(Fig.3)からmmサイズの巨大エマルション(Fig.4)まで調製できる事を見出した。従って、設備的にも実験材料の選択の上でも制約の多い微小重力環境実験への適合性の高い系であると期待される。

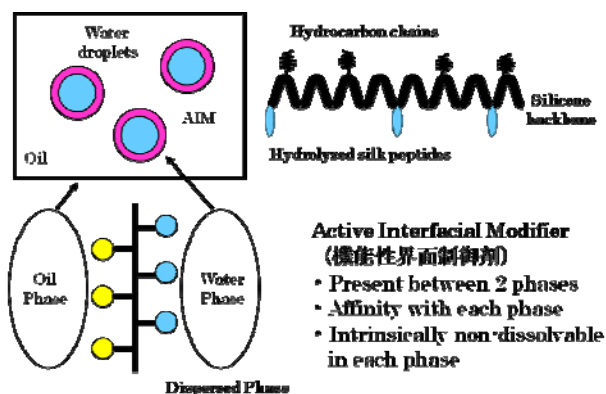


Fig.2 W/O emulsion by AIM

複雑系である従来の乳化系では、温度や添加濃度に依存する乳化剤のバルクおよび界面への分配とそれによる物性値の変化を厳密に測定し物性解析に反映させることは極めて困難であり、特に微小重力下のように制約の大きな実験では装置的にも、使用可能な物質の選択においても実現が困難であった。このような通常の乳化剤を用いたエマルションと異なり、AIM による乳化はそのバルク相への溶解が無視できるため、わずかなエネルギー付与で安定なエマルションが調製できるとともに、その物性解析において二つの混合しない液体はそれぞれに固有の特性値を適用できる。このため極めて簡略な実験から本質的な現象の観察と解析が可能である。

さらに、既に宇宙ステーションで使用実績のある実験システムをそのまま活用して、非平衡系であるエマルションを容易に調製・観察・解析できる事が本実験計画の新規性・独創性の要点であり、将来の欧州グループとの国際共同ミッション(ITT)に発展させるための理論的裏付けと仮説の検証ができる

3. 欧州チームとの連携

9月にベルリンで開催された欧州コロイド会議に参加した際 PASTA のリーダーである MaxPlanck 研の Prof.L. Miller と本テーマについて説明し基本的にコンセプトは PASTA と同様であることを確認し、将来的な共同研究の可能性を検討することに同意した。

4. 今後の展開

1) 微小重力下でエマルションの生成と状態変化を観察し、液/液界面の物性変化や乳化粒子の相互作用の観察を行うことで、エマルションの生成から崩壊に至る機構の解明が期待される。

2) 特に、AIMについては、合一が顕著に抑制されるため、微小重力実験では「クリーミング」「合一」の両方が生じにくくなり、安定なエマルションの形成が期待できる。

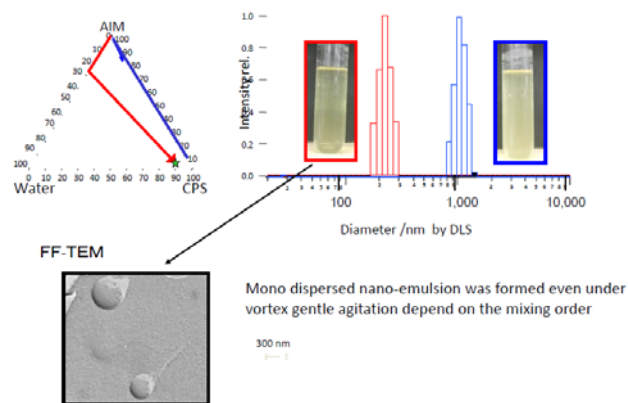


Fig.3 Preparation process dependent formation of nano-emulsion (300 nm) by AIM

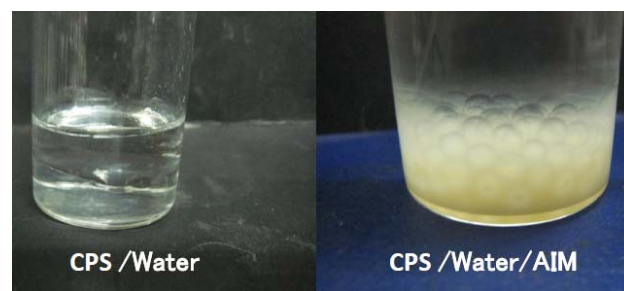


Fig.4 Giant O/W emulsion (c.a.3mm) with AIM/cyclo-penta-dimethylsiloxane/Watersystem

また、水相が油相に若干でも溶解し、「オストワルド熟成」が生じるような径の成長プロセスの解析にも有利である。3)これによって、既に生活資材および工業のプロセスにおいて不可欠なコロイド分散系であるエマルションの特性や安定性を、理論に基づいて設計、品質保証する事が可能になる。

4) 微小重力実験のシミュレーションとしてナノスケルトンプロジェクトで用いたナノミキシングバックを活用し、AIM系 W/O 乳化物の安定性評価法確立に向けた地上実験を行う。また、AIM 系では、視認できるほどの大きな水滴も調製可能であり、宇宙空間でもビデオ撮影により詳細な評価が可能となる。

参考文献

1) "Active Interfacial Modifier: Stabilization Mechanism of Water in Silicone Oil Emulsions by Peptide-Silicone Hybrid Polymers", K. Sakai et al, *Langmuir* 2010, 26(8), 5349- 5354.