

令和3年10月11日

報道関係 各位

公立大学法人 名古屋市立大学

国際宇宙ステーション・「きぼう」日本実験棟における実験で 微小重力でのコロイド粒子会合体の生成に成功

【研究の概要】

名古屋市立大学大学院 薬学研究科 コロイド・高分子物性学分野の山中淳平 教授、奥菌 透 准教授、豊玉彰子 准教授、および多くの大学院生・学部生による、コロイド微粒子の会合・凝集に関する研究が、宇宙航空研究開発機構（JAXA）採択テーマ[1]として、国際宇宙ステーション・「きぼう」日本実験棟で2019年7月に実施されました。本研究には、本研究科 精密有機反応学分野 樋口恒彦教授、オーストラリア中性子科学技術機構 Jitendra Mata 博士も参加しています。宇宙実験は、JAXA、日本宇宙フォーラム（JSF）、有人宇宙システム株式会社（JAMSS）、株式会社エイ・イー・エスから多くの関係者が参加して実施されました。

本実験では、正（プラス）および負（マイナス）電荷を持つ1マイクロメートル程度の粒子を水に分散させたコロイド液が、宇宙飛行士によって微小重力環境で混合されました。正負粒子の会合体が宇宙で生成したのち、試料全体が高分子ゲルで固定され、地上へ輸送されました。2021年3月に30本程度の試料が名古屋市立大学に届き、分析を行ったところ、地上では作製し難い、高比重粒子（チタニア粒子）の会合体の生成が確認できました。今後詳細な解析を行い、粒子の会合に対する微小重力の影響を明らかにします。実験成果は、光を閉じ込める新規材料やバイオセンサーの作製、また生体内での凝集現象の解明などにも活用が期待されます。

■本研究の内容の詳細は、10月11日に、The 8th Asian Particle Technology Symposium (<https://apt2021.org/>) で、また10月13日-15日に開催されます、日本マイクロ重力応用学会 第33回学術講演会（JASMAC-33）(<http://www.jasma.info/jasmac-33/>) で、それぞれ発表されます。

[1] JAXA 「きぼう」 website

<https://humans-in-space.jaxa.jp/kibouser/subject/science/70504.html>

【ポイント】

- 国際宇宙ステーションの微小重力環境で、正と負の電荷を持った粒子の会合体を作製することに世界で初めて成功しました。
- ゲルで固定された試料の分析を行い、地上では形成され難い、高比重粒子の会合体が生成することが確認できました。
- 今後詳細な分析を行い、粒子の会合に対する微小重力の効果をより明らかにします。

【成果・結果】

少数の原子・分子の会合体（クラスター）は、結晶成長の初期過程や、細胞内でのタンパク質複合体の形成まで、自然界に広く観察されます。JAXA 宇宙実験プロジェクト「微小重力を用いた多成分会合コロイド系の相挙動の研究」、略称 Colloidal Clusters では、大きさが約1マイクロメートル程度のコロイド粒子が水中で自発的に集合して形成される会合体について、国際宇宙ステーション（ISS）の微小重力環境で研究します。正と負に帯電させた粒子を用い、クーロン力で集合させます。コロイド会合体は光学分野の材料として期待されますが、光学応用には高屈折率の材料が必要です。ただし高屈折率材料は通常高比重のため、地上では沈降の影響が大きく、正確な実験が出来ません。このため ISS の微小重力環境が有効です。

正と負に帯電させたコロイド粒子が各々分散した液を、中央に隔壁を持つプラスチックバッグ（図1）の両側に入れ、ロケットでISSの「きぼう」日本実験棟に運びました。ISSで宇宙飛行士がバッグを強く押すことで隔壁を破り、2液が混合されました。またこれらの液には、紫外線を照射すると、液が「ゲル」になる化合物があらかじめ溶かしてあり、会合体が生成したあとISSで紫外線を照射し、試料を固定しました。図2は地上に帰還したサンプル、図3は顕微鏡で観察した結果で、様々な会合体が生成したことが確認できました。

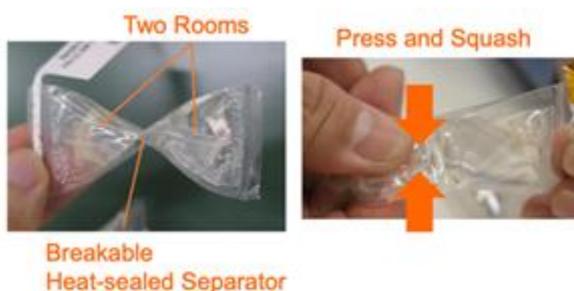


図1 実験に用いたサンプルバッグ



図2 地上に帰還し、バッグから取り出して切断した試料

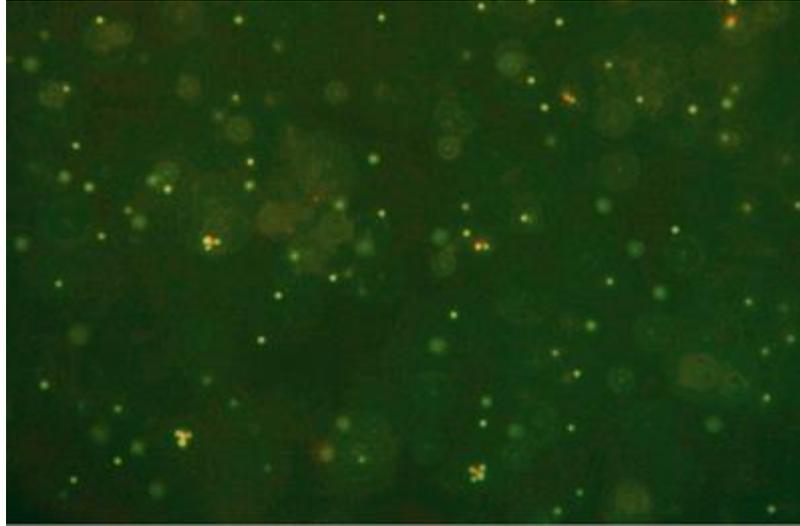


図3 宇宙で生成した様々な会合体の顕微鏡画像。赤：正電荷、緑：負電荷粒子、1 マイクロメートルのポリスチレン粒子、写真の長辺は 100 マイクロメートル

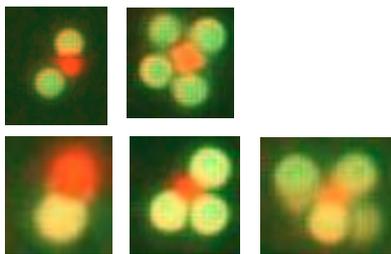


図4 宇宙実験で生成したクラスターの拡大写真

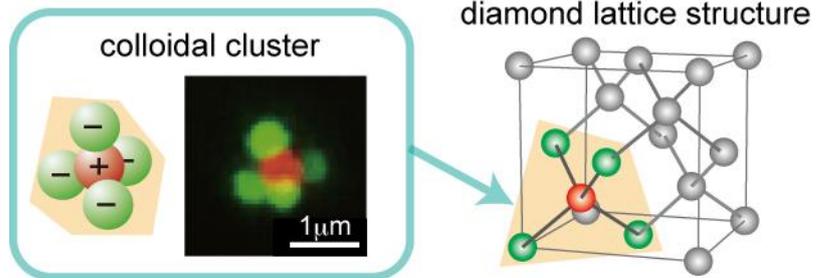


図5 コロイド粒子の四面体型会合体とダイヤモンド格子構造

図4にクラスターの拡大写真を示します。また高い比重（約3）を持つチタニア（二酸化チタン）粒子でも会合体が観察できました。チタニア粒子は地上では沈殿するため、このような会合体は地上では作製困難です。

【期待できる効果】

得られた実験成果は、フォトニック結晶やコロイド粒子を利用したセンサー作製のための基礎データとして、活用が期待されます。図5は、四面体型のコロイド会合体がさらに集合して生成する「ダイヤモンド格子」構造で、光を閉じ込める材料として期待されています。また、生体内でタンパク質などの分子が会合・凝集すると、さまざまな疾病を引き起こしますが、本研究で得られる基礎的な知見は、このような医療の分野へも活用が期待されます。

【用語説明など】

コロイド (colloid) :

「コロイド」とは、ナノメートルからマイクロメートルサイズの分散相（粒子に限らない）が媒体に分散した系の全体を指し、「コロイド分散系」と同義である。物質を分散させることがコロイド科学の中心課題であるため、その逆の、凝集・会合に関しても、長年研究が行われてきた。コロイド粒子は適切な条件を選ぶと、分散液中で自発的に集合して、さまざまな秩序構造を形成する。多数の粒子が形成する規則配列構造（コロイド結晶）については、半世紀以上にわたる研究成果が集積されている。また近年、数個から10個程度の少数の粒子系が作る、「クラスター」（会合体）の研究も活発である。コロイド結晶およびクラスターのいずれについても、原子・分子系の相転移のモデル系としての基礎的研究から、複雑構造を持つ新規材料への応用研究まで、幅広い検討が行われている。特に近年、異方的な相互作用を持つ粒子が開発され、また、多成分コロイド系の構造形成の研究が進展した結果、様々な新規構造が作製されている。

フォトニック結晶 (photonic crystal) :

屈折率が光の波長のオーダー（可視光線では、400nm から 800 nm）で周期的に変化する構造体を、フォトニック結晶という。結晶内部の光の伝わりかたを、構造によって制御できる。基本研究とともに応用開発がさかんに進められており、一部で実用化されている。ダイヤモンド格子型の構造を持つフォトニック結晶は、「光の閉じ込め」が可能であることが理論的に分っており、リソグラフィ法などでダイヤモンド構造が作製されているが、コロイドの自己集積では、大型の結晶が自発的に生成する利点があるため、世界的に活発な研究が行われている。

ゲル (gel) :

液体の中に特定の物質が分散していて、かつその物質が網目状に結合・集合して流動性を失い、全体としては固体状になったものをいう。物質が高分子で、網目状になったゲルを高分子ゲルという。また分散媒が水のゲルをヒドロゲル (hydrogel) という。ゼリー、豆腐、こんにゃく等はゲルである。ここでは、合成高分子である、ポリアクリルアミドのゲルが生成するような反応液を用いる。

【研究に関する問い合わせ】

名古屋市立大学 大学院薬学研究科 教授 山中 淳平

住所 名古屋市瑞穂区田辺通 3 - 1

E-mail : yamanaka@phar.nagoya-cu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ】

名古屋市立大学 事務局企画広報課広報係

名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1

E-mail : ncu_public@sec.nagoya-cu.ac.jp