

## NASA の観測ロケットを用いた微小重力実験に成功

～国際共同研究により宇宙ダストの生成を再現～

### ポイント

- ・ 138 億年の宇宙史における物質の進化過程の解明のために国際研究チームを結成。
- ・ 酸素が豊富な天体が供給する宇宙ダストの生成過程を模擬し、必要なデータの取得に成功。
- ・ 欧州での炭素質物質の実験結果と合わせて宇宙の物質循環を解明する糸口が得られると期待。

### 概要

北海道大学低温科学研究所の木村勇氣准教授らの国際研究チームは、アメリカ航空宇宙局 (NASA) の観測ロケット Black Brant IX 343 号機を用いて、「ケイ酸塩宇宙ダストの核生成過程の解明」を目的とした微小重力実験を実施しました。この実験は、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所の小規模計画 (プロジェクト名: DUST) として、NASA との国際協力のもとに実施されました。

本計画は、138 億年の宇宙史における物質の創成史を確立することを目的として 2017 年に構築した国際共同研究のもとで進めています。今回は、宇宙物質の主役の一つであるケイ酸塩<sup>\*1</sup> (シリコン、マグネシウム、鉄を主成分とした鉱物) に注目しました。宇宙ダスト (星のかけら) と呼ばれる微粒子は、天体より放出されるガスから生成します。ケイ酸塩微粒子がガスから生成する過程の理解は、天体の放出ガスから微粒子を経て惑星に至るまでの固体物質の変遷を知るカギとなります。そこで本実験では、ロケットの弾道飛行による微小重力環境を利用して、高温のガスからケイ酸塩宇宙ダストを模擬した微粒子が生成・成長する過程を直接測定することで、生成過程の理解を目指しました。

もう一つの主役である炭素質微粒子に関して、本年 6 月にスウェーデン宇宙公社の観測ロケットを用いて微小重力実験を実施しました。今回の結果と合わせることで、宇宙における物質進化の理解が飛躍的に進むと期待されます。



打ち上げ直前の観測ロケット Black Brant IX 343 号機  
研究代表者の木村准教授 (左) とアメリカ側代表の Nuth 博士 (NASA)

## 【打ち上げの詳細】

打上げ日時：2019年10月7日（月）9時00分00秒（日本時間：8日（火）0時00分00秒）

打上げ場所：アメリカ合衆国，ニューメキシコ州，ホワイトサンズミサイル実験場

最高到達高度：約340 km

微小重力環境時間：約460秒

参加研究機関：北海道大学，NASAゴダード宇宙飛行センター（米国），JAXA他



打ち上げを待つ観測ロケット Black Brant IX 343号機。  
研究代表者の木村准教授（最上段左）とNASAのスタッフ達。

## 【背景】

太陽系の固体材料でもある宇宙ダストは、宇宙でエネルギーのやり取りを担い、星の形成効率を上げます。さらには、宇宙ダストの表面は分子形成の場として使われ、生成した分子と共に惑星系の材料にもなるなど、宇宙において非常に大きな役割を担っています。このような宇宙における基礎的な現象を理解するためには、宇宙ダストの組成やサイズ、質量を明らかにする事が決定的に重要で、天文学・惑星科学分野の土台となる課題です。しかし、宇宙ダストの初期条件が不確かなために、理解が不十分なのが現状です。そこで木村准教授らは、初期条件を確かにするために必要となる、宇宙ダストの物理定数と赤外線スペクトルを取得するために、国際研究チームを構築しました（図1）。

宇宙ダストは、金属微粒子、炭素質微粒子、酸化物微粒子、氷微粒子に大きく分けられます。研究チームは 2012 年に JAXA の観測ロケットを用いて金属鉄微粒子の生成過程を明らかにしました。また、本年 6 月にスウェーデン宇宙公社の観測ロケットを用いて炭素質微粒子の生成過程に迫る実験を行いました。本実験はそれに続くもので、酸化物微粒子の中で最も主要なケイ酸塩（シリケート）に焦点を当てました。ケイ酸塩は宇宙の至る所に存在しており、地球型惑星の主要な構成鉱物の一つです。地上で見られる最もありふれた鉱物でもありながら、未だ多くの謎があり、その生成条件や生成の現場となる天体環境に関する研究が精力的に行われています。研究チームは今回、宇宙の物質循環の理解に直結するケイ酸塩鉱物が、ガスから微粒子へと成長する過程における構成分子の付着確率や表面自由エネルギーと赤外線スペクトルを求めるために、NASA との国際協力で観測ロケットを用いた微小重力実験を行いました。

### 【研究手法と成果】

屈折率変化を 100 万分の 1 以下の精度で捉えられる小型の 2 波長レーザー干渉計を作製してロケットに搭載することで、生成時のガスの温度と濃度を同時に決定します。気体の屈折率は温度、濃度、レーザー波長の関数となります。したがって、異なる 2 波長の光を微粒子生成環境に入射して屈折率変化を同時に得れば、簡単な計算の後に温度と濃度の情報を求めることが可能です。加えて、今回の実験では、核生成過程の微粒子の赤外線スペクトル<sup>\*2</sup>を測定するため、過去に日本の観測ロケット実験で開発した「浮遊ダスト赤外線スペクトルその場測定装置<sup>\*3</sup>」の改良版を搭載しました（図 2,3）。中間赤外領域は鉱物にとっての指紋領域であり、非晶質から結晶への変化や、その結晶構造の同定を行うことが可能です。実験の結果、ケイ酸塩微粒子の生成過程の理解に最も重要な表面自由エネルギーと付着確率を求めるために必要なデータの取得に成功しました（図 4）。

### 【今後への期待】

日本（2012 年、2015 年）、スウェーデン（2019 年 6 月）、アメリカ（本実験）での 4 回の微小重力実験を成功させたことで、それぞれ、金属微粒子、炭素質微粒子、酸化物微粒子の生成過程に関するデータを蓄積することができました。今後の分析により、宇宙史の中での物質進化の解明が飛躍的に進むと期待されます。また、はやぶさ 2 が持ち帰る試料には、ケイ酸塩微粒子を含めて宇宙ダストが多量に含まれていると期待されることから、研究チームの生成した微粒子と比較することで、太陽系内における物質進化の理解も進むと期待されます。さらに、氷微粒子の生成過程の解明を目指して、北海道の大樹町から観測ロケット MOMO（インターステラテクノロジズ株式会社）を用いた微小重力実験の実施を計画しています。一連の研究で、宇宙物質の生成過程の統一的な理解につなげます。

今回の実験で取得したデータは、今後数か月をかけて解析を行い、論文などの形で公表予定です。

#### お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 准教授 木村勇氣（きむらゆうき）

T E L 011-706-7666 [10 月 10 日まで+1 505 567 5018 (直通)] F A X 011-706-7666

メール ykimura@lowtem.hokudai.ac.jp

U R L <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/>

#### 配信元

北海道大学総務企画部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

T E L 011-706-2610 F A X 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】



図 1. 研究代表者の木村准教授を中心に結成された国際研究チーム。

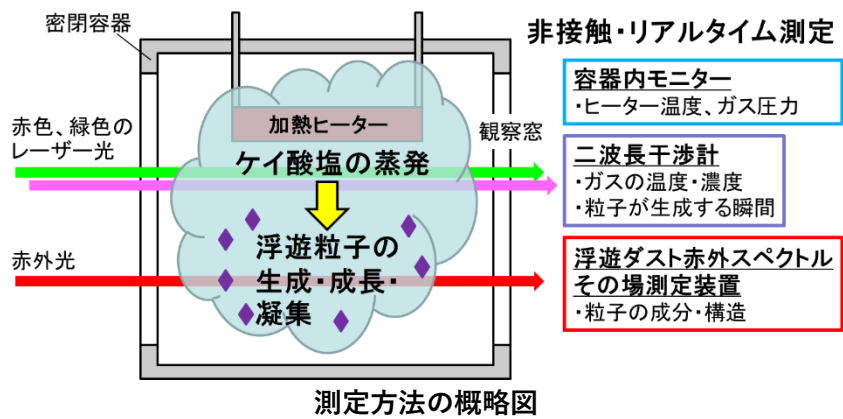


図 2. 微小重力状態では、ガス中の対流が無視でき、生成粒子もそのまま浮遊する。



図 3. 打ち上げに向けた準備中の観測ロケット。後ろ半分の実験装置が搭載されている。

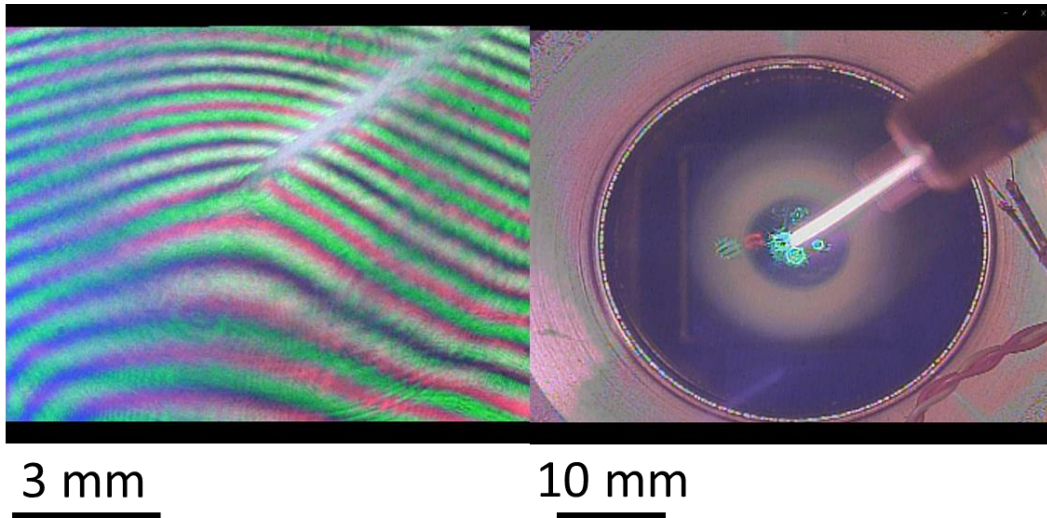


図 4. 装置内でケイ酸塩の蒸気から宇宙ダストが生成する様子(左:二波長干渉縞画像, 右:可視光画像)。打上げから約 127 秒後。左画像の干渉縞の変化から, 生成時の温度と濃度が決定でき, 宇宙ダストの生成メカニズムの解明につながる。右画像の中心で光っている部分が星に相当し, そこから発生する蒸気から微粒子(宇宙ダストの類似物)が生成している。

#### 【用語解説】

- \*1 ケイ酸塩 … 酸化物を作る天体周辺に観測される  $9.7 \mu\text{m}$  の光の起源物質であると考えられている。
- \*2 スペクトル … 天体から発せられる様々な色の光。この光の色や明るさ等から天体の温度や存在する鉱物の種類等を読み取ることができる。
- \*3 浮遊ダスト赤外スペクトルその場測定装置 … 従前はこのような直接観測出来る装置がなく, 地上で宇宙ダストの候補物質を媒質(臭化カリウム)に埋め込んで赤外スペクトルを測定していたために, 埋め込むことによる凝集や表面構造の変化などの影響を受けていた。