

## 観測ロケット MASER 16 の打ち上げに成功

～星の欠片の一種、カーボンダストを微小重力実験で再現～

### ポイント

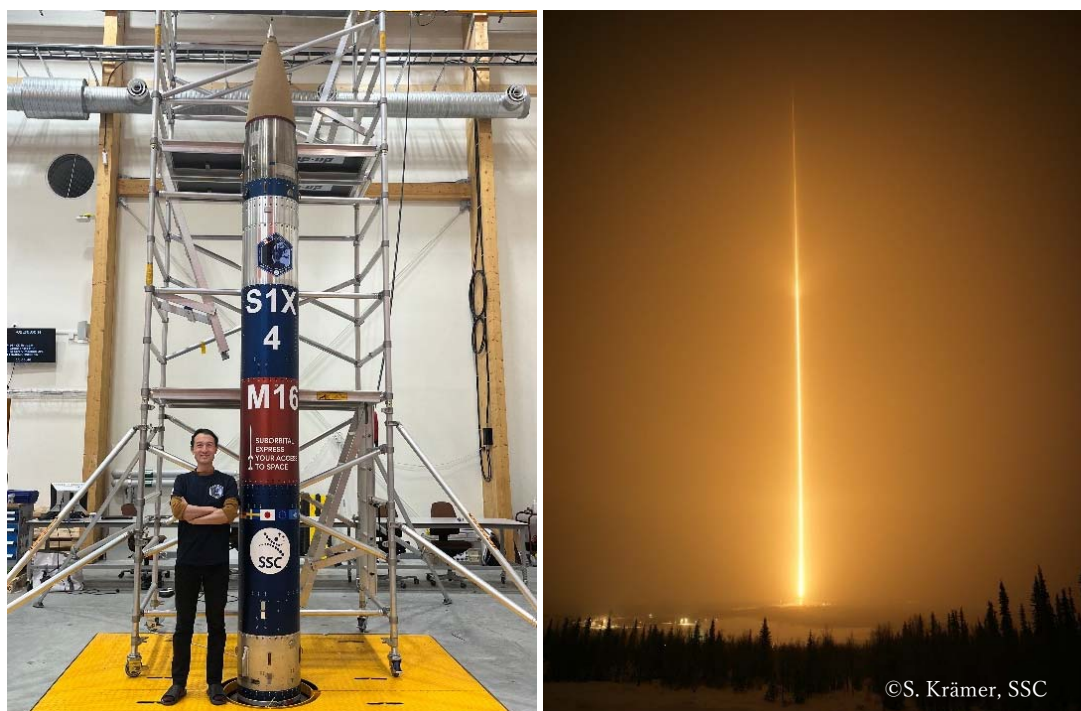
- ・太陽系の固体物質の主要な材料の一つであるカーボンダストの形成を再現する微小重力実験を実施。
- ・天体から放出されるガスからカーボンダストが生成する仕組みの理解に必要なデータの取得に成功。
- ・宇宙における物質循環の理解につながる重要な 1 ピースになると期待。

### 概要

北海道大学低温科学研究所の木村勇氣教授らの研究チームは、スウェーデン宇宙公社（SSC）の観測ロケット MASER 16 を用いて、微小重力環境下で「主要な宇宙ダストであるカーボンダストの核生成過程の解明」を目的とした実験に成功しました。なお、この実験は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）とドイツ航空宇宙センター（DLR）との国際協力のもとに実施されました。

カーボンダストは、天体から放出される高温のガスが冷える過程で生成される宇宙ダスト（星の欠片）の一種で、ナノメートルスケール<sup>\*1</sup>の微粒子です。そして、星間物質の進化や惑星形成において重要な役割を担っています。そのため、カーボンダストの生成過程の理解は、宇宙の物質循環を知る上で根幹となります。本実験では、独自の実験装置を観測ロケットに搭載し、微小重力環境を利用した実験を行うことで炭素の微粒子が生成・成長する過程を直接測定し、その生成過程の理解を目指しました。

今回の実験で得られたデータを分析することで、カーボンダストの生成過程が明らかになり、宇宙史の中での物質進化の解明が飛躍的に進むことが期待されます。



（左）準備を完了した頭胴部と木村教授。（右）打ち上げ直後の観測ロケット MASER 16

## 【背景】

隕石や探査機が持ち帰った地球外物質には、太陽系の年齢よりも古い炭素の微粒子（カーボンダスト）が含まれています。このカーボンダストは、46 億年よりも昔に太陽系の材料をもたらした天体が放出したガスの中で生成された星の欠片で、宇宙ダストの一種です。宇宙ダストは、生成後に星間空間を漂い、分子雲から原始太陽系星雲を経て太陽系の材料になりました。炭素は太陽系の固体物質の主要な構成物質の一つで、生命へとつながる有機物の主要元素でもあるため、カーボンダストが宇宙で生成する条件や、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。それにもかかわらず、これまでに生成過程を理論的に説明するために使うべき物性値などの値を決められていませんでした。これは、炭素がダイヤモンド、グラファイト、フラーレン、非晶質（ガラス状態）と多様な形態を取るため、カーボンダストの生成過程を考える時に用いるべき値に大きな不定性があることが一つの要因です。

研究グループは 2019 年に MASER 14 号機を用いて行った炭化チタンを含んだ炭素質粒子の生成実験で、宇宙ダストの生成過程の理解には、ナノ領域の特異性と非古典的な生成経路が重要であることを明らかにしました（【関連するプレスリリース】参照）。一方で、カーボンダストが非古典的な生成経路を取ると、他の炭素質物質の生成過程の理解にも影響することが分かりました。そこで今回の実験では、カーボンダストが天体の放出ガス中で生成するプロセスを模擬した実験を微小重力環境で実施することで、ガスの冷却速度と炭素の原子同士の衝突頻度の比が天体周辺での宇宙ダストの生成過程と同様になる実験を行いました。これにより、天体周辺で形成するのと同様の生成過程を経て、同じような温度で、同じような形態を持った炭素粒子が形成することが期待されます。

## 【研究手法】

炭素の粒子が形成する時のガスの温度と濃度を同時に決定するために、屈折率変化を 100 万分の 1 以下の精度で検出できる小型の 2 波長レーザー干渉計を作製しました（図 1）。気体の屈折率は温度、濃度、レーザー波長で決まるため、異なる 2 波長の光を微粒子の生成環境に入射して屈折率変化を同時に得ることで、温度と濃度を同時に求めることが可能です。実験の結果、カーボンダストの生成過程を理解するために最も重要な二つの物理量（表面自由エネルギーと付着確率）の決定につながるデータを取得することに成功しました（図 2）。

## 【打ち上げの詳細】

打ち上げ日時：2024 年 11 月 26 日（火）6 時 00 分 00 秒（日本時間：14 時 00 分 00 秒）

打ち上げ場所：スウェーデン、キルナ市、エスレンジ宇宙センター

最高到達高度：約 256 km（打ち上げ後約 260 秒）

微小重力環境時間：約 375 秒

参加研究機関：北海道大学、ブラウンシュヴァイク工科大学（ドイツ）、JAXA 他

## 【今後への期待】

今回の炭素粒子の生成実験は、2019 年に炭化チタンで得られた知見を拡張し、異なる宇宙ダストがどのように成長し、宇宙空間での物質循環に寄与するのかを理解するための重要なステップになります。また、カーボンダストの生成効率が分かると、宇宙における炭素質物質の生成、成長過程を理論的に予測できるようになります。その結果、138 億年の宇宙史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。また、はやぶさ 2 などの探査機が持ち帰った地球外物質に含まれるカーボンダストを含んだ試料の分析結果の理解も進むことが期待できます。今回得られた実験データは、今後数か月をかけて解

析を行い、論文などの形で公表する予定です。

### 【関連するプレスリリース】

北海道大学・東北大学共同プレスリリース「非古典的な核生成が宇宙ダストの形成に重要なことを発見～観測ロケットによる微小重力実験で、天体現象の理解に重要なダスト形成過程が明らかに～」

発表日：2023年1月16日

URL：<https://www.hokudai.ac.jp/news/2023/01/post-1154.html>

### お問い合わせ先

北海道大学低温科学研究所 教授 木村勇氣（きむらゆうき）

T E L 011-706-7666 F A X 011-706-7666 メール [ykimura@lowtem.hokudai.ac.jp](mailto:ykimura@lowtem.hokudai.ac.jp)

U R L <https://www2.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/>

### 配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒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 [jp-press@general.hokudai.ac.jp](mailto:jp-press@general.hokudai.ac.jp)

### 【参考図】

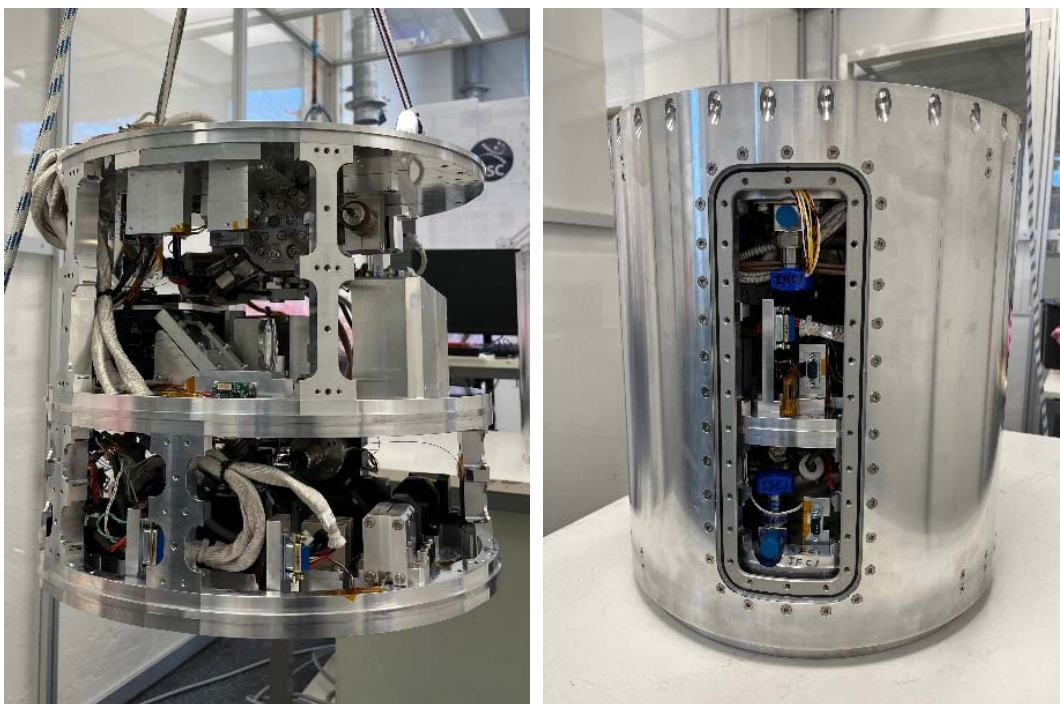


図 1. 観測ロケット実験のために独自に作製した実験装置（左）と、その装置を観測ロケットの外筒に入れた写真。



図 2. 装置内で炭素の蒸気から炭素粒子が生成する様子(左:二波長干渉縞画像、右:可視光画像)。打ち上げから約 133 秒後。左画像の干渉縞の変化から、粒子が生成する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必須の物理量の決定につながる。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（星の欠片の類似物）が生成している。

#### 【用語解説】

\*1 ナノメートルスケール … 1 ナノメートル (nm) は 1 メートルの 10 億分の 1 を表す単位。宇宙ダストの直径は 100 nm 以下であることが知られている。典型的な髪の毛の太さは 100,000 nm 以下なので、宇宙ダストの大きさは、髪の毛の太さの千分の 1 程度である。