

## 観測ロケット MASER 14 打ち上げ成功

～国際協力による微小重力実験で炭素質宇宙ダストの生成を再現～

### ポイント

- ・地球型惑星の材料となった微粒子が作られる初期状態の解明を目的とした実験を実施。
- ・天体より放出されるガスから、炭素質の宇宙ダストの生成過程の理解に必要なデータ取得に成功。
- ・宇宙における炭素質物質の循環を解明する糸口になると期待。

### 概要

北海道大学低温科学研究所の木村勇氣准教授らのグループは、スウェーデン宇宙公社（SSC）の観測ロケット MASER 14 を用いて、「炭素質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として、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。

宇宙ダスト（星のかげら）と呼ばれる微粒子は、天体より放出されるガスから生成されます。その中でも炭素を主成分とした微粒子は、ナノメートルのサイズから惑星に至る固体物質の変遷及び生命へとつながる有機物の生成において、非常に大きな役割を担っています。そのため、炭素質宇宙ダストの生成過程の理解は、宇宙の物質循環を知る上での根幹となります。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、高温のガスから炭素質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、その生成条件と赤外線に対する特性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により、炭素質の宇宙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。



打ち上げ直後の観測ロケット MASER 14

## 【打ち上げの詳細】

打上げ日時：2019年6月24日（月）8時52分00秒（日本時間：15時52分00秒）

打上げ場所：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：244.7 km（打上げ後257秒）

微小重力環境時間：382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



打ち上げを待つ観測ロケット MASER 14。

研究代表者の木村准教授（前列右から2人目）とスウェーデン宇宙公社のスタッフ達。

## 【背景】

炭素質物質は地球型惑星の主要な構成鉱物の一つで、生命へとつながる有機物の主要元素から構成されているため、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。隕石に含まれている炭素質物質の一つに、太陽系の年齢よりも古い炭化チタン<sup>\*1</sup>を含んだ炭素微粒子があります。この炭素質微粒子は、46億年よりも昔に太陽系の元となった天体が放出したガスの中で、まず炭化チタンのナノ粒子が生成し、その上に炭素が降り積もるといふ順に生成した宇宙ダストです。この“炭化チタンのナノ粒子を中心に含んだ炭素微粒子”は、その後に星間空間を漂い、分子雲から原始太陽系星雲を経て現代の地球までやってきたものです。しかし、これまでの実験では、“炭化チタンのナノ粒子を中心に含んだ炭素微粒子”の生成過程を実証できていませんでした。これは、高温のガスが冷えていくときに、多くの場合炭素は一番初めに固体になる物質であると考えられており、炭化チタンのナノ粒子が炭素微粒子よりも先に生成する条件は非常に限られているからです。また、炭化チタンのナノ粒子

は炭素が豊富な星の周囲で観測されている 20.1  $\mu\text{m}$  の赤外線バンドの起源物質であることが 2000 年に報告されましたが、これまでにこれを支持する結果は報告されておらず、議論が続いています。

そこで今回の実験では、炭素質宇宙ダストが天体の放出ガス中で生成するプロセスを解明するために、そのガス中で形成したことが分かっている“炭化チタンのナノ粒子を中心に含んだ炭素微粒子”に着目しました。

### 【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、核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を行った際に開発した「浮遊ダスト赤外スペクトルその場測定装置<sup>\*3</sup>」を搭載しました。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、炭化チタンのナノ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 1）。

### 【今後への期待】

炭化チタンと炭素の微粒子の生成効率及び 20.1  $\mu\text{m}$  の光の起源物質が炭化チタンに由来するか否かが明らかになると、宇宙における炭素質物質の生成・成長過程を同定し、物質進化のストーリーを記述できるようになり、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 が持ち帰る炭素質の宇宙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。

天体から放出されるガスは、まず高温で一酸化炭素分子を生成します。炭素と酸素の元素比がその後の微粒子の変遷を左右し、炭素よりも酸素が多い天体は酸素リッチ星、炭素が多い天体は炭素リッチ星と呼ばれています。この二種類の天体における酸化物と炭素質物質の生成過程の解明が宇宙の固体物質の生成過程の統一的な理解につながります。本年 10 月には、酸素リッチ星の周囲で形成する宇宙ダストの核生成過程の解明に向けて、NASA の観測ロケットを用いた微小重力実験も予定しています。これにより、星間物質進化のスタート地点である、晩期型巨星で生成する炭素質と酸化物と両方の宇宙ダストの核生成過程が解明されるため、当該分野に革新的な寄与を与えることが可能です。また、宇宙ダストの核生成理論に対する実験検証ができ、宇宙における物質進化の理解において、最初のマイルストーンとしての役割を担うことが期待されます。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 [6 月中は +44 774 173 3878 (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】

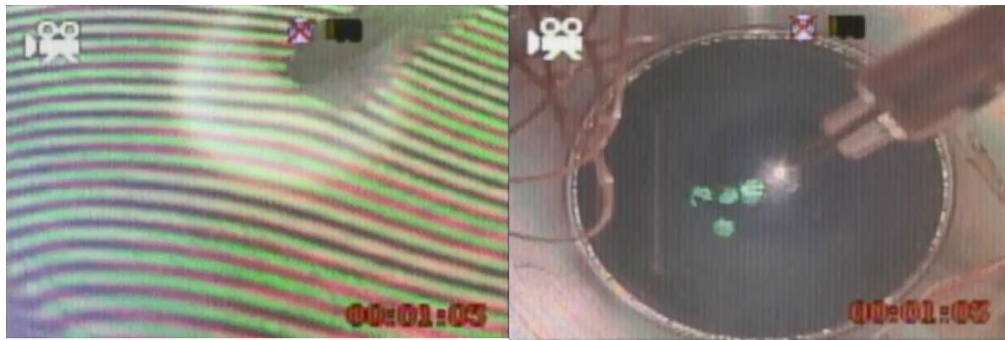


図 1. 装置内で炭素とチタンの蒸気から宇宙ダストが生成する様子(左:二波長干渉縞画像, 右:可視光画像)。打上げから約 143 秒後。左画像の干渉縞の変化から, 生成時の温度と濃度が決定でき, 宇宙ダストの生成メカニズムの解明につながる。右画像の中心で光っている部分が星に相当し, そこから発生する蒸気から微粒子(宇宙ダストの類似物)が生成している。

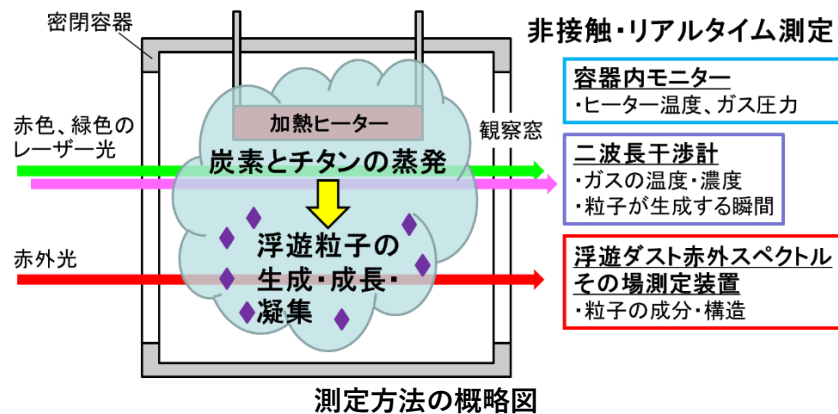


図 2. 微小重力状態では, ガス中の対流が無視でき, 生成粒子もそのまま浮遊する。

## 【用語解説】

- \*1 炭化チタン … 炭素質物質を作る天体周辺に観測される 20.1  $\mu\text{m}$  の光の起源物質であると考えられている。隕石中にも炭素微粒子内に確認されており, そのサイズは 100 nm 以下。
- \*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含まれる原子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。