



観測ロケット S-520-30 号機打ち上げ成功 微小重力環境を利用した星の“かけら”の再現実験

実験のポイント

- ・ 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。
- ・ 特に、酸化アルミニウムとシリカの核生成の起こり易さを求め、宇宙ダストの進化を支配する最初の微粒子が何であるかを解明。

実験の概要

北海道大学低温科学研究所（研究代表者：准教授 木村勇氣）は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）平成 27 年度第一次観測ロケットを用いて、「酸化物系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。

打上げロケット：S-520-30 号機

打上げ日時：平成 27 年 9 月 11 日（金）20 時 00 分 00 秒

打上げ場所：内之浦宇宙空間観測所（鹿児島県肝属郡肝付町）

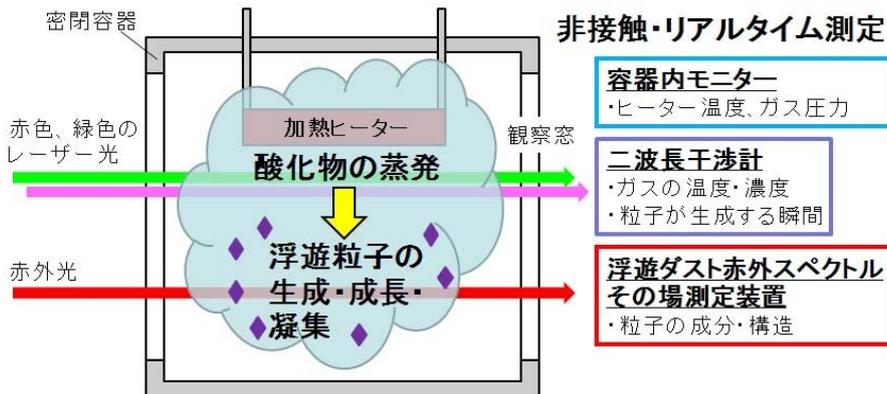
最高到達高度：312 km（打上げ 283 秒後）

着水時刻：打上げ 550 秒後

参加研究機関：北海道大学，東京大学，東海大学，JAXA

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。その中でも最初に生成する微粒子は、ナノメートルのサイズから惑星に至る固体物質の変遷において、非常に大きな影響を与えます。そのため、その最初の物質の同定と生成条件の理解は、宇宙の物質循環を知る上で根幹となります。その中で最も有力な物質が酸化アルミニウム（*1）ですが、地上実験では確定できていません。また、微粒子表面は化学反応の場として使われるため、豊富に存在するシリカ（*2）が酸化アルミニウムの表面を覆い尽くすのか、自ら単独の微粒子を作るのかを知ることは重要です。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、酸化アルミニウムやシリカの蒸気から微粒子が生成・成長する過程を直接測定することで（参考図参照）、その生成条件を理解し、最初に生成する物質の同定を目指します。

【参考図】



微小重力状態では、ガス中の対流の影響が無視でき、かつ生成粒子がそのまま浮遊する。

実験の概要

(背景)

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。そのため、炭素と酸素の元素比がその後の微粒子の変遷を左右します。ここで、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。今回の実験では、酸素リッチ星を中心とした酸化物微粒子の生成過程を解明するために、最も主要な役割を果たすと考えられている酸化アルミニウムとシリカに着目しています。

元素が自ら集まって固体になるのは非常に難しく、下地があるとその上に優先的に成長します。その為、天体から放出されるガスから最初に生成する物質は、その後の微粒子の生成を支配します。その最初の物質が酸化アルミニウムであると考えられていますが、地上実験では実証できていません。また、シリカは地球型天体の主要な構成鉱物であるケイ酸塩の主原料で、ケイ酸塩は天体観測からもその生成条件やサイズなどが最も精力的に研究されています。そこで、ケイ酸塩微粒子の生成につながるシリカの生成条件を明らかにし、酸化アルミニウムの結果と合わせて、酸素リッチ星の環境における核生成のし易さを解明することで、最重要課題である宇宙ダスト（微粒子）の初期状態を明らかにします。

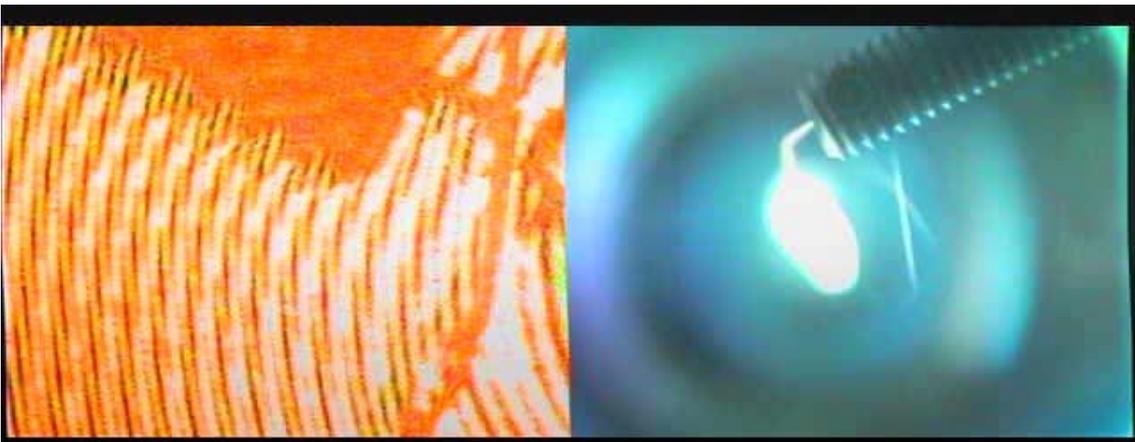
(実験手法)

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できます。気体の屈折率は温度、濃度、レーザー波長の関数です。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、最近開発した「浮遊ダスト赤外スペクトルその場測定装置」を小型化して搭載し、核生成過程の微粒子の赤外スペクトル（*3）を測定することで、宇宙ダストの進化過程を明らかにします。中間赤外領域は酸化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。中間赤外領域の9-17 μm のスペクトルを測定した結果、13 μm の光が酸化アルミニウムに由来するか否かを明らかにできるデータの取得に成功しました。

S-520-30 号機 酸化物系宇宙ダストの核生成実験における装置内の様子
(左：二波長干渉縞画像，右：可視光画像)



酸化アルミニウムの蒸気から宇宙ダストが生成する様子（打上げから 261 秒後）



酸化シリコンの蒸気から宇宙ダストが生成する様子（打上げから 194 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を解明する。

右画像の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。

今後への期待

13 μm の光の起源物質が酸化アルミニウムに由来することが明らかになると、初めて宇宙における微粒子の生成・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、次世代赤外線天文衛星 SPICA による宇宙史の中での物質進化の解明に生かすことが可能です。

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宇宙ダストの核生成過程が解明されます。宇宙ダストの形成を伴う様々な天体現象の観測データと組み合わせて、恒星風の化学組成や密度、温度環境など、様々な物理・化学パラメータを厳密に決定できるようになり、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。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します。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：北海道大学低温科学研究所 准教授 木村 勇気（きむら ゆうき）
TEL：011-706-7666 FAX：011-706-7666 E-mail：ykimura@lowtem.hokudai.ac.jp
ホームページ：<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/>

（補足）

「浮遊ダスト赤外スペクトルその場測定装置」を用いた測定は世界初の試みです。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ました。

〔用語解説〕

- *1 酸化アルミニウム：酸化物を作る天体周辺で、最初に現れる 13 μm の光の起源物質であると考えられている。
- *2 シリカ：酸化シリコン。シリカは最も豊富に存在する酸化物の微粒子（シリケート：岩石の主成分）が核生成する際の種になると考えられている。
- *3 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。