



## 宇宙における分子進化と氷微粒子が果たす役割



研究者所属・職名 : 低温科学研究所・教授

ふりがな わたなべ なおき

氏名 : 渡部 直樹

主な採択課題 :

- [特別推進研究「星間塵表面における分子進化の解明：素過程からのアプローチ」\(2017-2021\)](#)
- [基盤研究\(S\)「星間塵表面での分子進化と新しい同位体分別機構」\(2012-2016\)](#)

分野 : 地球宇宙化学、原子分子表面科学

キーワード : 星間分子雲、星間塵、表面反応、分子進化

### 課題

#### ●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

私たちの身体を形作る水や多種多様な有機分子は、実は宇宙のあちこちにも存在している。こうした分子は、いつ・どこでどのように形成したのだろうか？近年の研究により、恒星や惑星が誕生する遙か以前の、大量のガスと1/1000ミリ程度の氷微粒子(星間塵)からなる極低温領域(分子雲)がその母胎であることが分かってきた。なかでも、星間塵表面を覆うH<sub>2</sub>O氷の上で生じる化学プロセスが分子の生成・進化の鍵を握ると考えられているが、その詳細はよく分かっていない。私たちは最先端の手法を用いた室内実験により、極低温の氷表面で生じる分子生成過程の全容を明らかにし、宇宙における分子誕生の起源に迫る。

#### ●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

宇宙の分子雲環境を再現する超高真空装置内に星間塵表面を模擬した-263℃の極低温氷を作製し、宇宙で起こりうる様々なプロセスを与え、赤外線やレーザーを用いて分子生成の詳細を観測する。超高真空、極低温の氷表面で生じる化学プロセスを解明することは難しく、従来にはなかった手法の開発が必要になった。

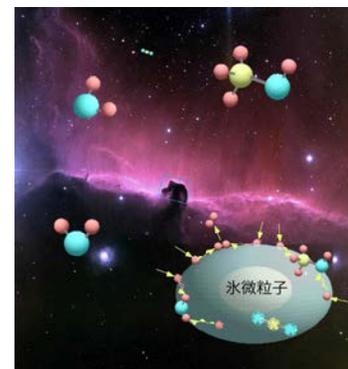


図1 分子雲のイメージ図  
多くの分子と氷微粒子が観測されている



## 宇宙における分子進化と氷微粒子が果たす役割

### 研究成果

#### ●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

最も大きな成果は、分子雲に見つかっている水分子や、複雑な有機分子の前駆体であるホルムアルデヒド、メチルアルコールが宇宙で初めて大量に生成するメカニズムを明らかにしたこと。従来、宇宙の極低温・超高真空といった極端環境でこれらの分子を生成することは困難であると考えられていた。にもかかわらず、天文観測によると、星や惑星誕生以前の分子雲にすでに大量に存在することが確認されており、その生成メカニズムが大きな謎であった。

私たちは図2に示すような分子雲環境を再現する特殊な装置を開発し、極低温氷表面での反応実験を繰り返し行った。その結果、水、ホルムアルデヒド、メチルアルコール分子は星間塵表面において酸素分子や一酸化炭素分子と水素原子が、極低温表面特有の特殊な化学反応を起こすことで効率よく生成することを明らかにした。また、星間塵を覆う氷は水蒸気が降り積もって生成した訳ではなく、表面で生成した水分子がそのまま固体になったものであることが分かった。その他にも、星間塵上で2つの水素原子から水素分子が生成する効率を初めて実験的に導き、生成した水素分子が内部にため込んだエネルギーが氷表面でどのように変化するかを明らかにした。こうした成果はいずれも世界に先駆けて得られたもので、宇宙における分子進化を説明する最新の理論モデルに採用されている。



図2 極低温氷表面における分子生成を調べるために開発した超高真空実験装置

### 今後の展望

#### ●今後の展望・期待される効果

最近の理論的研究から、比較的複雑な有機分子を生成するためには、星間塵表面に存在する反応性に富んだラジカル（例えばOH, HCO, NH<sub>2</sub>等）が関与する化学反応が重要であることが分かってきた。しかし、ラジカルは化学的に不安定な物質であるため、表面にたくさんは存在できない。そのため、氷表面に存在するラジカルを実験的に分析することは大変困難で、その研究例はほぼ皆無である。私たちは、氷表面の微量ラジカルを分析するため、図3に示すような全く新しいタイプの装置を開発し、複雑有機分子生成のメカニズムに迫ろうとしている。



図3 開発中の装置の写真