

【基盤研究(S)】

理工系（数物系科学）



研究課題名 星間塵表面での分子進化と新しい同位体分別機構

北海道大学・低温科学研究所・教授

わたなべ なおき
渡部 直樹

研究分野：数物系科学、地球惑星科学

キーワード：地球外物質化学、星間塵表面反応

【研究の背景・目的】

星間分子雲で分子がどのように生成し、同位体分別するかを定量的に明らかにすることは、太陽系誕生に至る化学進化の初期条件を知るうえで非常に重要である。従来、化学進化の研究はイオン分子反応などの気相反応を中心に行われてきたが、宇宙に豊富に存在する始原分子： H_2 、 H_2O 、 CO_2 や有機分子は気相反応での生成が困難で、宇宙に浮かぶ固体微粒子（星間塵）表面反応がきわめて重要になるが、その反応メカニズムは長年の謎であった。我々は、星間塵表面でのトンネル反応により、光やイオンのない極低温環境でも、これらの分子が効率的に生成することを実験的に示してきた。さらに、最近では星間塵表面トンネル反応が同位体分別にも非常に有効であることを見いだした。星間塵表面反応に関する研究の気運は世界的に高まっている。本研究のねらいは、極低温下の星間塵物質表面における原子・分子素過程、トンネル反応による分子生成、同位体分別プロセス、および脱離分子を定量的に実験で調べ、これまでの成果とあわせて、分子雲での星間塵による分子進化・同位体分別機構を包括的に解明することである。

【研究の方法】

宇宙空間で始原的で存在度の高い星間分子種および始原有機分子の生成・同位体分別機構を明らかにするため、図1に示すような、極低温冷凍機、原子（ラジカル）線源、フーリエ変換型赤外吸収分光計、波長可変色素レーザーシステム、飛行時間型質量分析計からなる超高真空実験装置を用いて実験を行う。実験の主な手順は以下の通り：①疑似星間塵物質表面の冷却、②反応分子の表面への蒸着、③反応原子（ラジカル）の照射、④生成分子数密度の時間変化測定（固相表面の観測は赤外吸収分光、気相の観測は共鳴多光子イオン化法を用いる）。得られたデータから、極低温星間塵表面における分子生成反応経路、反応速度の表面物質・温度依存性、脱離分子のエネルギー状態・核スピン温度を調べ、表面反応素過程の情報を引き出す。これら情報から、分子雲環境での同位体分別過程を含めた星間塵表面反応ネットワークを構築する。

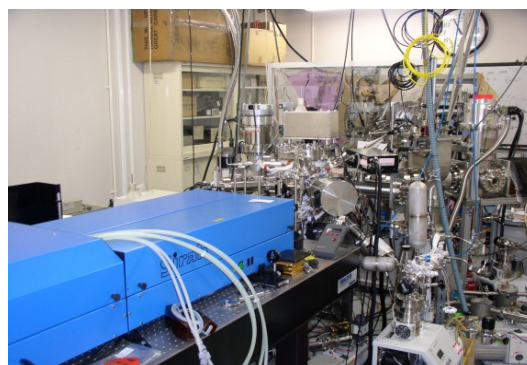


図1. 本研究で用いられるものと同型の装置

【期待される成果と意義】

宇宙における分子生成・同位体分別過程の研究は天文観測、隕石分析、モデル計算が中心である。星間塵表面反応は分子雲における分子生成・同位体分別の鍵を握っていると考えられ、本研究はその全容解明に実験的に迫ることができる世界的にも非常にユニークな試みである。分子によって同位体分別度が異なる原因や、未知の分子生成・同位体分別プロセスが明らかになると期待される。分子雲の分子は隕石に見られる複雑な有機分子の起源の可能性もあり、星間塵表面における同位体分別プロセスは極めて重要である。本研究で得られるトンネル表面反応の知見には基礎化学・物理分野への波及効果も期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- N. Watanabe, *et al.*, “Direct measurements of hydrogen atom diffusion and the spin temperature of nascent H_2 molecule on amorphous solid water”, *Astrophys. J. Lett.* 714, L233-236 (2010)
- N. Watanabe & A. Kouchi, “Ice surface reactions: a key to chemical evolution in space”, *Prog. Surf. Sci.* 83, 439-489 (2008)

【研究期間と研究経費】

平成 24 年度－28 年度
99,800 千円

【ホームページ等】

<http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/astro/index.html>