

メタノール分子における H-D 置換反応の反応速度

Relative rates of the H-D substitution reaction in solid methanol

長岡 明宏 [1]; 渡部 直樹 [2]; 香内 晃 [3]

Akihiro Nagaoka[1]; Naoki Watanabe[2]; Akira Kouchi[3]

[1] 北大・低温研; [2] 北大・低温研; [3] 北大・低温研

[1] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.; [2] Inst. of Low Temp. Sci., Hokkaido Univ.; [3] Inst. Low Temp. Sci., Hokkaido Univ

http://risu.lowtem.hokudai.ac.jp/japanese_index.html

分子雲に存在するメタノールに、高度の重水素濃集が観測されている。原始星 IRAS16293-2422 の気相におけるメタノールの D/H 比 ($\text{CH}_2\text{DOH}/\text{CH}_3\text{OH}$) はおよそ 0.3 と報告されており [1]、宇宙存在比 ($\text{D}/\text{H} \sim 10^{-5}$) の 4 桁も大きいことから、注目をあつめている。

メタノールにおける重水素濃集の一般的なシナリオとして、次のようなものが考えられている。星形成前の冷たい ($\sim 10\text{ K}$) 分子雲の気相においてイオン・分子反応が進行し、原子のまま存在する D 原子と H 原子の存在比 (D 原子/H 原子) が 10^{-5} から 10^{-1} 程度まで上昇する。その後、星間塵表面に D 原子および H 原子がその比で降り注ぎ、塵表面に吸着している CO 分子と反応する。CO への H 原子付加反応 ($\text{CO} + \text{H} \rightarrow \text{HCO} \rightarrow \text{H}_2\text{CO} \rightarrow \text{CH}_3\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$) によって、 CH_3OH が生成されるが、途中で H の代わりに D 原子が付加すると、 CH_2DOH 等の重水素置換体が生成される。つまり、 $\text{CH}_2\text{DOH}/\text{CH}_3\text{OH}$ 比は、塵に降る D 原子/H 原子比を反映する、というものである。

ところが、実際に塵表面反応で CH_2DOH 等の重水素置換体が効率的に生成されるかどうかは不明であった。そこで、われわれは CO 固体 (10 K) へ H および D 原子を D 原子/H 原子比=0.1 で同時に照射する実験を行った [2, 3]。実験の結果、分子雲で観測された重水素体 (CH_2DOH , CHD_2OH , CD_3OH) が効率的に生成され、これらの重水素体は、CO への H 原子付加反応で生成された CH_3OH が、D 原子と反応し、次式のように H が D に置換されていくという、それまで知られていなかったプロセスによって生成されることがわかった; $\text{CH}_3\text{OH} + \text{D} \rightarrow \text{CH}_2\text{DOH} + \text{H}$, $\text{CH}_2\text{DOH} + \text{D} \rightarrow \text{CHD}_2\text{OH} + \text{H}$, $\text{CHD}_2\text{OH} + \text{D} \rightarrow \text{CD}_3\text{OH} + \text{H}$ 。

本発表では、上記のメタノールにおける H-D 置換反応の各ステップ ($\text{CH}_3\text{OH} + \text{D} \rightarrow \text{CH}_2\text{DOH} + \text{H}$, $\text{CH}_2\text{DOH} + \text{D} \rightarrow \text{CHD}_2\text{OH} + \text{H}$, $\text{CHD}_2\text{OH} + \text{D} \rightarrow \text{CD}_3\text{OH} + \text{H}$, etc) の反応速度比を報告し、置換反応の具体的なプロセスを議論する。

参考文献 [1] Parise, B., et al. 2004, A&A, 416, 159. [2] Nagaoka, A., Watanabe, N., & Kouchi, A. 2005, ApJ., 624, L29.

[3] 長岡明宏 他 2005, 地球惑星科学合同大会, p058-002.