

アモルファス氷および固体メタノールの光分解反応による振動励起した水素分子の生成

Measurement of energy partitioning in hydrogen molecule produced in the photolysis of amorphous water and methanol ices

羽馬 哲也 [1]; 横山 正明 [1]; # 薮下 彰啓 [1]; 川崎 昌博 [1]; 渡部 直樹 [2]

Tetsuya Hama[1]; Masaaki Yokoyama[1]; # Akihiro Yabushita[1]; Masahiro Kawasaki[1]; Naoki Watanabe[2]

[1] 京大院工; [2] 北大・低温研

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

http://www.moleng.kyoto-u.ac.jp/~moleng_06/index-j.htm

星間分子雲中に最も多く存在する分子は水素分子であり $10^4 - 10^6 \text{ cm}^{-3}$ の密度で存在している。星間水素分子は気相反応では生成が難しく、星間塵上での表面反応が不可欠であると考えられている。

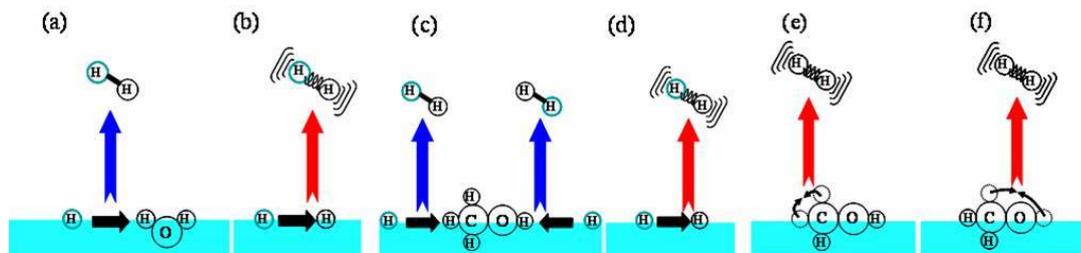
氷星間塵上では水素原子同士が再結合して分子化するプロセスの他に、氷マントルの光分解過程によっても水素分子が生成する。(参考文献: N. Watanabe, T. Horii, and A. Kouchi, *Astrophys. J.* 541 (2), 772 (2000).) しかし、光分解-水素分子生成の素過程、特に生成水素分子のエネルギー状態に関する研究はほとんど無く、いまだに定性的な理解に留まっている。我々のグループは氷マントル主成分である H_2O およびメタノール分子の光分解による水素分子生成素過程を詳しく調べるために、真空紫外レーザーを用いてアモルファス氷、および固体メタノールを分解し、生成した水素分子を共鳴多光子イオン化法によって直接検出する実験を行った。

実験結果としてアモルファス氷、固体メタノール両方から $\text{H}_2(v=0-5, J=0-17)$ まで振動励起した水素分子が検出された。アモルファス氷の場合は a) 水素引き抜き (Hydrogen ABstraction, HAB) 反応により $\text{H}_2(v=0 \text{ and } 1)$ が、b) 再結合 (Hydrogen Recombination, HR) 反応によって $\text{H}_2(v=2-5)$ が生成することが明らかになった。固体メタノールの場合は c) HAB 反応と d) HR 反応に加え、e), f) 単分子脱離 (UniMolecular Elimination, UME) 反応によって $\text{H}_2(v=2-5)$ が生成することがわかった (図参照)。

宇宙空間には振動励起した励起水素分子が多く存在することが観測により確認されており、またこの振動励起した水素分子は振動励起していない水素分子に比べ気相での反応速度が大きく異なる。例えば O 原子と反応し、OH ラジカルを生成する反応では、 $\text{H}_2(v=3)$ は $\text{H}_2(v=0)$ に比べて 11 乗倍も大きいことが報告されている。(参考文献: R. A. Sultanov and N. Balakrishnan, *Astrophys. J.* 629, 305 (2005).)

低温状態 (およそ 10K) にある分子雲では、光分解による水素分子の生成効率は、氷表面に吸着した水素原子同士の再結合による生成効率に比べ 2-3 乗ほど小さい。しかしながら、暖かい領域 (20 K 以上)、光の照射量が多い領域では水素原子の氷表面における吸着率は著しく減少してしまい、光分解による水素分子生成は無視できない。

また固体メタノールにおける UME 反応は HAB 反応や HR 反応と違い二次反応を必要としない一光子過程であるため、低温で光の照射量が少ない領域でも十分に起こりうるプロセスである。UME 反応は他の有機物、例えばエタノールやアセトアルデヒド、またはアンモニアなどでも可能なプロセスであるため、光の照射量が少ない領域ではこれら氷以外の化合物による水素分子生成の寄与の割合が増加していることが予想される。



(a) and (b): Schematic illustrations for H_2 formation mechanisms following vacuum ultraviolet irradiation of amorphous solid water. (a) $\text{H}_2(v=0$ and 1) from hydrogen abstraction reaction (b) $\text{H}_2(v \geq 2)$ from H-atom recombination.

(c), (d), (e) and (f): H_2 from amorphous solid methanol. (c) $\text{H}_2(v=0$ and 1) from hydrogen abstraction reaction (d) $\text{H}_2(v \geq 2)$ from H-atom recombination. (e) and (f) $\text{H}_2(v \geq 2)$ from unimolecular elimination.