

山野 基大 (やまの もとひろ)

【目的】当研究室では、星間分子雲における極性分子とイオンの反応を実験的に再現し、星間分子生成の基礎となる低温における反応速度定数を得るための実験を行っている[1]。そこで、本研究ではシュタルク分子速度フィルターを用いて同位体分子種を含む CD_3OD 、 CH_3OH 、 CH_3OD 、 CH_3CN 、 CD_3CN の5種類について低速分子線の生成実験を行い、速度分布、数密度及び回転状態分布を調べることを目的とした。また、得られた低速分子線の応用として、電子衝撃イオン化における解離電離断面積の電子エネルギー依存性の相対変化を測定し、過去の結果との比較及び同位体分子種間の比較も行った。

【実験】実験は以下の手順で行った。まず、シュタルク分子速度フィルターのガイド電極に $\pm 1.0\text{kV}$ ~ $\pm 2.8\text{kV}$ を印加し、低速分子線を生成する。フィルター出口には四重極質量分析計 (QMS) が設置されており、イオン源ではリングフィラメントから加速された電子によって低速分子線が電離される。生成イオンは QMS に入射され、低速分子線の信号として観測される。実験では、ガイド電圧を高速にスイッチすることで、生成分子イオンの飛行時間信号を測定する。信号の時間変化から低速分子線の速度分布を決定し、信号強度から分子数密度を決定した。また、生成された低速 CH_3OH 、 CD_3CN 分子線の回転状態分布を調べるため、数値シミュレーションを行い、実験結果と比較、考察をした。一方、QMS イオン源の電子エネルギーを $25\sim 105\text{ eV}$ に亘って変化させたときに得られる直接電離イオン及び解離イオンの強度変化を測定し、解離電離断面積の相対変化を調べた。

【結果と考察】ガイド電圧が $\pm 2.8\text{ kV}$ の時に得られた CH_3CN の速度分布を図1に示す。得られたピーク速度は $35(2)\text{ m/s}$ であり、約 6 K に相当する低速分子線の生成を確認することができた。また、飛行時間信号の強度から見積られる低速分子線の数密度は $5.9(1)\times 10^4\text{ cm}^{-3}$ であった。 CH_3OH についても同様の測定を行った結果、アセトニトリルと比較し信号強度が 0.05 倍程度と弱く、一方、ピーク速度は $26(3)\text{ m/s}$ と低い値となった。これは非対称コマ分子である CH_3OH の永久双極子モーメントが小さく (約 1.7 D)、シュタルクシフトが小さいことに対応した結果と考えられる。図2には、低速 CH_3OH 分子線から得られた CH_3OH^+ 、 CH_3O^+ 、 CHO^+ 、 CH_3^+ イオンの信号強度の総和の電子エネルギー依存性を示す。信号強度の変化は過去に測定された全電離断面積の電子エネルギー依存性[2]とほぼ一致したことから、解離電離断面積の相対変化の比較が可能と考えられる。発表では同位体分子種の結果を含め、詳細を報告する。

[1] 古川貴浩, 上智大学修士論文(2012年).

[2] James E. Hudson et al., Phys. Chem. Chem. Phys. 5, 3162 (2003).

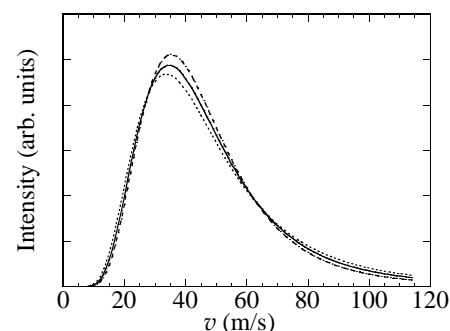


図1. CH_3CN の速度分布

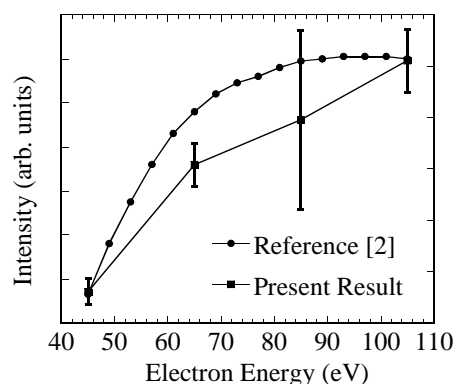


図2. 電離断面積の相対変化