

## 四重極シュタルクフィルターを用いた低速極性分子の選択

### Selection of slow dipolar molecule with quadrupole Stark filter

(<sup>1</sup>東工大理工、<sup>2</sup>京大院理、<sup>3</sup>UBC) <sup>1</sup>辻秀伸、<sup>1,2</sup>森哲也、<sup>1,3</sup>百瀬孝昌、<sup>1</sup>金森英人

Hidenobu Tsuji, Tetsuya Mori, Takamasa Mori, Hideto Kanamori

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup>Graduate School of Science, Kyoto University

<sup>3</sup>The University of British Columbia

Recently, cold molecules have been paid much attention to researchers in both physics and chemistry. Stark filter is one of the ways to get cold molecules. We have developed the Stark filter with the quadrupole electrodes, which selects low velocity components in the Maxwell Boltzmann distribution. We further improved this apparatus to reduce the background. As a result, we succeeded in obtaining the information of velocity distribution of the selected slow molecule. In addition, we succeed in selecting the various molecules with the electric dipole moment.

【序】分子の冷却手法はいまだ発展段階にあり、現在様々な手法が提案されている。当研究室ではバッファーガスを用いた分子冷却の研究<sup>1)</sup>を行っているが、この手法では数Kが冷却限界となっている。そこでさらなる低温分子の生成を目指し、我々はシュタルク速度フィルター<sup>2)</sup>を製作した。これは分子を積極的に冷却するのではなく、分子のシュタルク効果を用いてボルツマン分布した分子集団の中から、低速の分子だけを選択するという手法である。これにより、バッファーガス冷却され、数Kのボルツマン分布になった分子集団から、mKの分子を選択することが可能となる。一般に分子のシュタルク効果はある回転準位に対してM成分ごとに異なるエネルギーシフトを引き起こす。我々は四重極電極を用いたシュタルク速度フィルターで正のシュタルクシフトを持つ状態 (Low-field-seeker) の分子の選択に成功している<sup>3)</sup>。今回さらに装置の改良を行い、バックグラウンドの低減化を実現し、選択された分子の速度分布の情報を得ることに成功した。

また、電気双極子モーメントを持つ様々な分子において選択に成功したのでここに報告する。

【実験・結果】従来の問題点であったバックグラウンドとはパルスバルブから吹き出した分子で、四重極ガイドにガイドされていないが隔壁を通り抜けてきた分子であり、高圧の ON/OFF によらずに検出される。このバックグラウンドを減らすために、従来の 3 段の差動排気から、さらにパルスバルブ付近を差動排気して、計 4 段の差動排気を行った。実験装置の概要図を図 1 に示す。図 2 の HV OFF がバックグラウンドの分子の飛行時間測定(TOF)信号となっている。この時間の原点はバルブの開く瞬間である。HV ON

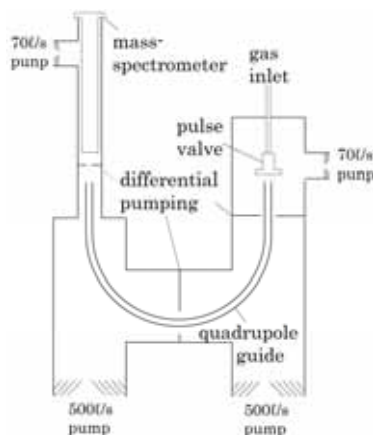


図 1 実験装置図

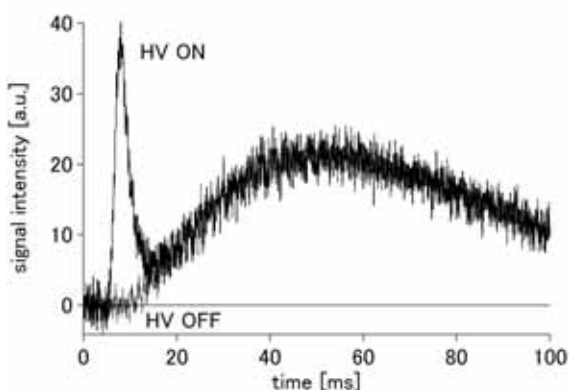


図2 ND<sub>3</sub>のTOF

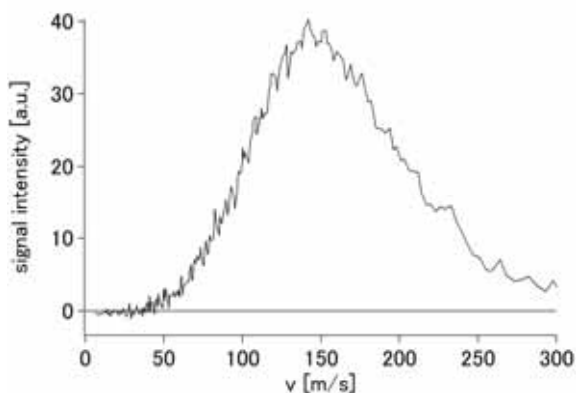


図3 ND<sub>3</sub>の速度分布

ではバックグラウンドがガイドされた分子の信号の 1/2 程度まで抑えられており、以前より 1 桁以上バックグラウンドの低減化を実現でき、より定量的な議論が可能となった。図2を速度分布に変換したのが図3である。図3より、およそ 150m/s、並進温度にして 18Kの最確速度を持った低速分子集団を選択していることがわかる。検出できた最も低速の分子は 50m/sの分子であり、これは並進温度にして 2Kに相当する。また、ガイドされた分子の密度は最大で  $4 \times 10^8$  個/cc程度であった。さらに、速度分布の四重極にかかる電圧に対する依存性や、低速分子数の圧力に対する依存性を測定し、考察を行った。

また、バックグラウンドの低減化により、検出感度が向上し、ND<sub>3</sub>より信号強度が少ない他の分子も検出可能となり、NH<sub>3</sub>、CH<sub>3</sub>I、H<sub>2</sub>CO、C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl、C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CNで低速分子の選択に成功した。一例としてH<sub>2</sub>COの速度分布を図4に示す。最確速度がおよそ 90m/s、並進温度にして 9Kの速度分布をもつ分子を選択した。

今回の実験では 300K のボルツマン分布した分子集団から、最低温度 2K 相当の分子を選択、検出することに成功した。He バッファーガス冷却により 4K に予備冷却した分子を用いれば、四重極電極の曲率を変えるだけで、最低温度 27mK 相当の分子を選択、検出できると期待される。

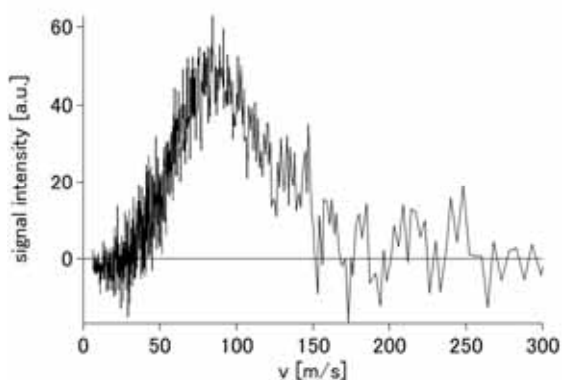


図4 H<sub>2</sub>COの速度分布

- 1) 田地和喜、関口貴郎、金森英人 分子分光研究会 2006
- 2) S. A. Rangwala, T. Junglen, T. Rieger, P. W. H. Pinkse, and G. Rempe, Phys. Rev. A **67**, 043406 (2003)
- 3) 奥田泰壮、関口貴郎、辻秀伸、金森英人 分子構造総合討論会 (2004) 2B11