

超流動ヘリウム液滴中の極低温分子イオン生成

(北里大理^a, 理研^b) ○井口有紗^a・久間晋^b・東俊行^b

Production of cold molecular ions in superfluid helium droplets
(Kitasato Univ.^a, RIKEN^b) Arisa Iguchi^a, Susumu Kuma^b, Toshiyuki Azuma^b

Helium nanodroplet isolation spectroscopy has been widely applied to a variety of molecules and clusters providing a unique quantum environment as a matrix medium. Here, we started a new project to utilize this cryogenic “nano” laboratory to study molecular ions. We constructed a photoionization setup for pre-captured neutral molecules in helium droplets. Resonant multi-photon ionization spectroscopy is performed for the current sample of phthalocyanine.

【序】超流動ヘリウムナノ液滴を用いたマトリックス分光法は、これまで多様な分子やそのクラスターに適用され、ヘリウム液滴の超流動性や極低温環境 0.4 K に由来する興味深いスペクトルを提供してきた。しかしこれまでの研究対象は主に中性分子に限られている。我々は、この分光法を分子イオンへ応用し、極低温イオン分光を展開すること、及び電荷を持つイオンとヘリウム媒質の相互作用を通じた新たな微視的超流動プローブを構築するための実験を開始した。

【セットアップ】ヘリウム液滴は温度 20 K 以下に冷却したヘリウムガスを高真空空間に噴出することで生成される。断熱膨張-凝集-蒸発冷却の過程で温度 0.4 K まで冷却されたナノサイズのヘリウム液滴には、衝突により分子を内包させることが容易であり、その内包分子もまた 0.4 K まで冷却される。本研究では以前に開発したパルスノズルを用いて 10^6 個のヘリウム原子からなる液滴を生成した[1]。イオン化には、ナノ秒パルスレーザーからの二色の光を利用した二光子共鳴イオン化を用いた。液滴ビーム下流に設置したダイノード付き電子増倍管により、生成イオン及びイオン化の際の光電子の検出が可能である。

【実験と考察】実験では、まずサンプルであるフタロシアニンの捕捉条件を確認するために、既設の光電子増倍管を用いてレーザー誘起蛍光測定を行った。フタロシアニンはヒートセルを 380°C に加熱することで準備されヘリウム液滴に捕捉される。波長可変ナノ秒 OPO レーザー (Sunlite EX, Continuum) を光源として観測した $15,088.9 \text{ cm}^{-1}$ にピークを持つ S_1-S_0 励起スペクトルは、フタロシアニンが液滴内部に捕捉されていることを示している。次に二光子共鳴イオン化に用いる光源の開発に着手した。フタロシアニンのイオン化ポテンシャルは気相では 6.40 eV と報告されているため[2]、OPO レーザーに共鳴した S_1 状態からイオン化するための紫外光として、同期したナノ秒 Nd:YAG レーザーからの 532 nm 出力を二倍波 266 nm へ変換した。これまでに変換効率 40 %、4 mJ のパルスを得ている。現在、光イオン化実験に取り組んでおり、イオン及び電子集光電極の改良により二光子共鳴イオン化スペクトル測定へ向けた準備が進行中である。

【References】

- [1] S. Kuma and T. Azuma, *Cryogenics* **88**, 78 (2017).
- [2] J. Berkowitz, *J. Chem. Phys.* **70**, 2819 (1979).

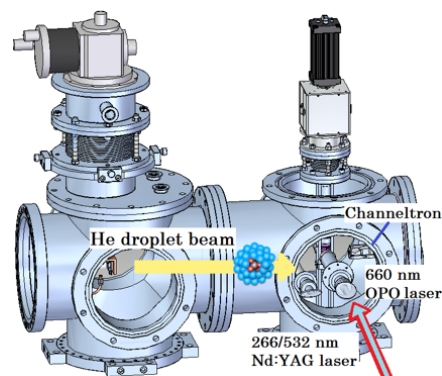


図1 分子イオン生成のためのヘリウム液滴セットアップ。