

# ヘリウム液滴を用いた極低温イオン分光

(北里大理<sup>a</sup>, 理研東原子分子<sup>b</sup>) 大谷初季<sup>a</sup>・〇久間晋<sup>b</sup>・東俊行<sup>b</sup>

Development of a new spectroscopic method for cold molecular ions captured in He droplets  
(Kitasato Univ.<sup>a</sup>, RIKEN<sup>b</sup>) Hatsuki Otani<sup>a</sup>, Susumu Kuma<sup>b</sup>, Toshiyuki Azuma<sup>b</sup>

We apply the superfluid helium nanodroplet isolation spectroscopy, which has been widely employed for neutral molecules, to molecular ions cooled rotationally inside the droplets. We first established a method to generate a pulsed beam of micron-size helium droplets. A new sensitive ro-vibrational absorption detection method is being developed for neutral and ionic species captured inside those extremely large droplets based on double resonance spectroscopy combining the LIF technique.

ヘリウム液滴は温度 0.4 K のナノ超流動マトリックス媒質であり、これまで単離された中性分子に関して媒質の量子性を反映した多くの興味深いスペクトルが観測されてきた。我々はこのヘリウム液滴を用いた分光法を分子イオンへ展開することを目的とし、回転も含む内部自由度が冷却された状態にある極低温分子イオンの新たな分光研究に取り組んでいる。

本研究では、まず分子イオンを安定に単離するための巨大液滴の生成に取り組んだ。ヘリウム液滴は真空中に低温・高圧のヘリウムガスをノズル噴出することにより生成されるが、巨大な液滴を生成するためにはノズル径を大きく取る事が可能なパルスノズルが有利である。しかしこれまではパルスノズルの冷却が不十分であり、到達最低温度は 10 K 程度に留まっていた。今回我々は市販ソレノイドバルブ (General Valve Series 9) の冷却方法を改良し、動作時の最低温度として 7 K を実現した。図 1 に示すように、この時の平均液滴サイズは 2 ミクロンに到達しており [1]、様々な分子イオンを単離するのに十分な大きさであると期待される。

一方これまでのヘリウム液滴分光法では、捕捉分子の中赤外領域の吸収は、無輻射緩和が引き起こす液滴サイズ収縮を利用した depletion 法 (液滴ビーム強度の減少をモニターする) により観測されてきた。しかしこの手法は本研究で対象とする巨大液滴には適用できない。そこで、我々の中赤外吸収と可視・紫外領域のレーザー誘起蛍光 (図 2) を組み合わせた新しい二重共鳴法の開発を進めている。発表では、現在まず中性分子を対象に進めているこの手法の開発状況を報告する。

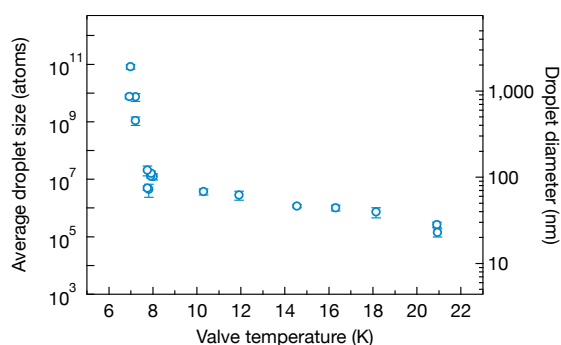


図1 パルスノズルで生成されたヘリウム液滴サイズのノズル温度依存性 (左: 液滴当たりのヘリウム原子数, 右: 液滴直径). ノズル圧力は 2 MPa.

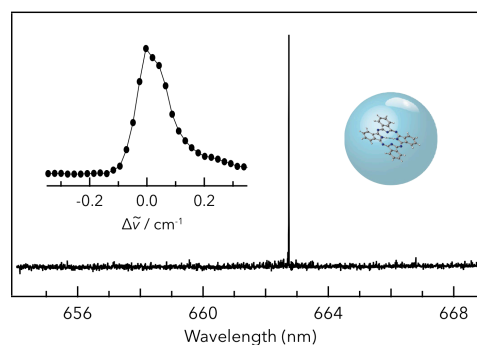


図2 ヘリウム液滴に捕捉された中性フタロシアニン分子の  $S_1 \leftarrow S_0$  LIF 励起スペクトル (挿入図: バンドオリジンの拡大図. レーザー分解能  $0.075 \text{ cm}^{-1}$ ).

## 文献

[1] S. Kuma and T. Azuma, *Cryogenics* **88**, 78 (2017).