

変角振動励起分子からの真空紫外吸収断面積測定のための装置開発 VUV absorption spectroscopy from vibrationally-excited molecules

星野正光^{1,*}, 柴崎公一郎¹, 石島洋平¹, 菅惇史¹, 加藤英俊¹,
小田切丈¹, 重村圭亮², 北島昌史², 田中大¹, 伊藤健二³

¹上智大理工, 〒102-8554 千代田区紀尾井町 7-1

²東工大院理工, 〒152-8551 目黒区大岡山 2-12-1

³放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Masamitsu Hoshino^{1,*}, Koichiro Shibasaki¹, Yohei Ishijima¹, Atsushi Suga¹, Hidetoshi Kato¹,
Takeshi Odagiri¹, Keisuke Shigemura², Masashi Kitajima², Hiroshi Tanaka¹ and Kenji Ito³

¹Department of Physics, Sophia University, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8554, Japan

²Department of Chemistry, Tokyo Inst. Tech., Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan

³Photon Factory, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

1 はじめに

一般に分子の全波動関数を考える際、原子核と電子の運動は独立して扱う Born-Oppenheimer 近似が良い近似として扱われるが、厳密には振電相互作用により電子状態と分子振動は結合する。振電相互作用の一例として、縮退した電子状態を持つ分子が対称性を低下させて縮退を解くことにより安定になるという Jahn-Teller 効果や Renner-Teller 効果が挙げられる。このような対称性が崩れた分子の光吸収スペクトルを超高分解能で測定することで、強い振電相互作用による吸収断面積の変化や、光学的禁制状態への吸収など選択則に関する励起ダイナミクスに新たな知見が得られることが期待される。本研究グループではこれまでも CO₂ 分子をはじめとする直線三原子分子を抵抗加熱により強制的に対称性の崩れた変角振動励起した分子を生成し、軟 X 線照射による内殻励起過程に関する研究[1]や電子衝撃による形状共鳴の観測[2]を行ってきた経緯がある。そこで本研究では、様々な直線三原子分子を抵抗加熱により変角振動励起させ、対称性の崩れた変角振動励起分子の真空紫外光吸収断面積の精密測定を目的とした。

2 実験

実験は BL-20A において行われた。図 1 に本研究において新たに開発された分子加熱用光吸収セルの模式図を示した。光吸収セルは、出入口のアパチャー径 3φ、有効長 220 mm である。周囲にシース線ヒーターが 2 重に巻き付けられており、熱電対を用いて光吸収セルの温度を常時モニターすることで温度制御が可能となっている。また、セラミックボールを用いて本体との熱絶縁を十分に確保し、さらに外周には水冷用の銅管を巻きつけて、輻射による外部への熱の影響を防ぐよう設計されている。標的ガスの数密度はガスセルに直接接続されたパラトロンによりモニターされている。光吸収断面積は、ガスセ

ル内の標的気体の有無による光量を光電子増倍管により測定し、Lambert-Beer の式に基づき、吸収セルの長さや標的ガスの数密度から算出される。

例えば、代表的な直線三原子分子である CO₂ は、ボルツマン分布において、室温下 (300 K) で約 92%、800 K では約 47% が振動基底状態にあり、それ以外振動励起状態になる。振動状態 $v=1$ の変角振動を考えると、その割合は室温と 800 K でそれぞれ 7.5%、28% と見積もられる。そのため、高温における光吸収断面積は、変角振動励起分子の割合が多くなっていることから、室温または低温におけるものとは大きく異なることが予想される。本課題において実験装置の開発及び加熱テストが終了したので、今後、実際に BL-20A にて直線三原子分子の真空紫外線分光実験を開始する予定である。

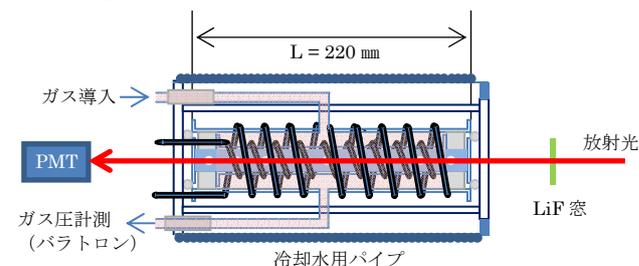


図 1: 本課題で開発された分子加熱用光吸収セル

3 まとめ

本研究において新たに抵抗加熱を用いた分子加熱用ガスセルを開発し、BL-20A において加熱により変角振動励起状態にある直線三原子分子の真空紫外分光実験を計画し、実験装置の開発及び加熱テストを行った。

参考文献

- [1] T. Tanaka *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **95**, 23002 (2005).
[2] H. Kato *et al.*, *Chem. Phys. Lett.* **465**, 31 (2008).

* masami-h@sophia.ac.jp