

## 加熱された二酸化炭素分子の光電子分光実験

Photoelectron spectroscopy of hot-CO<sub>2</sub>菱山直樹<sup>1</sup>, 小田切丈<sup>1</sup>, 足立純一<sup>2</sup>, 星野正光<sup>1,\*</sup><sup>1</sup>上智大学, 〒102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1<sup>2</sup>放射光科学研究施設, 〒305-0801 つくば市大穂 1-1Naoki Hishiyama<sup>1</sup>, Takeshi Odagiri<sup>1</sup>, Junichi Adachi<sup>2</sup> and Masamitsu Hoshino<sup>1,\*</sup><sup>1</sup>Sophia University, 7-1, Kioicho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8554, Japan<sup>2</sup>Photon Factory, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

## 1 はじめに

代表的な直線三原子分子である CO<sub>2</sub> 分子は、金星大気の約 95% を占め、その表面温度は約 700 K であることが知られている。このような高温環境下では、分子の一部が振動励起状態にある。振動励起分子の挙動を理解するために、当研究室では、加熱により変角振動励起した CO<sub>2</sub> 分子を標的とした軟 X 線角度分解イオン収量スペクトルの測定を行い、内殻励起過程に関する研究を行ってきた[1]。CO<sub>2</sub> 分子の各振動準位についてボルツマン分布を考えると、室温では約 92% が振動基底状態である。一方、700 K では、その割合は約 50% となり、それ以外は振動励起状態となる。この振動励起した分子を標的とした励起過程において、その電子状態は、対称性が崩れたことによる強い振電相互作用のため変化し、光電子スペクトルにも温度効果として観測されることが期待される。そこで本研究では、温度可変のガスセルを新たに開発することにより CO<sub>2</sub> 分子の振動始状態を制御し、真空紫外線領域における光電子スペクトルを測定することを目的とした。

## 2 実験

実験は、フォトンファクトリー BL-20A で行われた。偏向電磁石を用いた大強度、かつ高分解能真空紫外線と高電子分光装置 SCIENTA R4000 を組み合わせることで、高分解能光電子分光実験を行うための実験装置を立ち上げた。CO<sub>2</sub> 分子の加熱には、当研究室で新たに開発した分子線加熱用ガスセルを用いた。図 1 に本研究で開発したガスセルと全体写真を示した。分子線加熱用ガスセルは、直径 20 φ、長さ 80 mm の円筒形であり、材質は非磁性のステンレス SUS316 で作製された。ガスセルの周囲には、直径 1.4 φ、長さ 1400 mm、最大電力 200 W のシース線ヒーターが巻き付けられ、抵抗加熱によりガスセルの温度を制御する。標的分子は、主に高温の壁との衝突により加熱されることから、分子と加熱された壁の衝突回数を増やすために、図 1(左)のように 1/8 インチガス導入パイプ (SUS304) をらせん状に巻き、その部分も同一のヒーターで昇温することにより、効率よく分子を加熱できる形状にした。ガスセルは、室温から約 800 K まで加熱することが可能であり、温度は常時ガスセルに設置された熱電対でモニターされている。さらに、ガスセルは絶縁体を

介して、図 1(右)のような銅製の円筒シラウドに覆われている。銅製シラウドには、1/4 インチの銅パイプが巻かれており、そのパイプに冷却水を循環させることで、高温ガスセルによる分光器やビームラインへの熱の拡散を防ぐよう設計されている。低エネルギー電子分光を行うために、ガスセル全体は厚さ 1 mm のミューメタルによる磁場遮蔽されている。

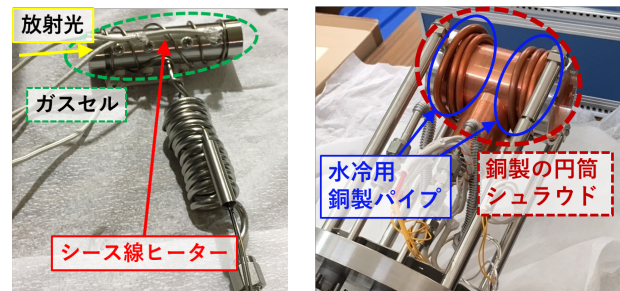


図 1: 分子線加熱用ガスセル(左)と冷却シラウド(右)。

## 3 結果および考察

まず、光エネルギー 21-31 eV において、室温で測定された CO<sub>2</sub> 分子の光電子スペクトルと、過去の測定結果[2]との比較から、今回開発した装置の動作確認を行った。次に、ガスセルを加熱し、600 K における CO<sub>2</sub> 分子の光電子スペクトルの測定に成功した。高温の CO<sub>2</sub> 分子標的の光電子スペクトルにおいて、CO<sub>2</sub><sup>+</sup>イオン基底状態、および第一励起状態について顕著な温度効果が観測されることがわかった。

## 4 まとめ

当研究室で新たに開発された分子線加熱用ガスセルを用いて CO<sub>2</sub> 分子の加熱に成功し、振動始状態を制御した CO<sub>2</sub> 分子の真空紫外線領域における光電子スペクトルの測定に初めて成功した。

## 参考文献

- [1] T. Tanaka et al., Phys. Rev. Lett. **95**, 203002 (2005).  
 [2] Lai-Sheng Wang et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **47**, 167 (1988).

\* masami-h@sophia.ac.jp