

## しきい光電子を用いた超低エネルギー電子衝突実験

(東工大院理工、上智大理工、KEK-PF)

○黒川学、北島昌史、小田切丈、河原弘朋、加藤英俊、星野正光、田中大、伊藤健二

## 【序】

衝突エネルギーがミリエV 程度の電子-原子・分子衝突は“Cold Electron Collision”とよばれ、超低エネルギー電子のド・ブROI波長が極めて長くなることに起因した特異的な量子論的効果の出現が期待される、興味深い研究対象である[1,2]。また、Cold Electron Collisionでは、入射電子が極めて遅いため、Born-Oppenheimer近似が成り立たなくなる。

近年、放射光を用いて気体分子を電離させ放出された光電子を電子源として利用することにより、このCold Electron Collision実験をsingle collision(一回衝突)条件下で行うことが可能となった[1]。しかしながら、光電子を電子源とするこれまでのCold Electron Collision実験では、電子ビームのエネルギー分解能が光イオン化に用いる光のエネルギー分解能やスポットサイズに強く依存しているため、超低エネルギー電子ビームの大強度化は非常に困難であった。

そこで、本研究グループでは、角度微分断面積などの、Cold Electron Collisionの詳細な知見を得るために、新たに“しきい光電子”を電子源とする超低エネルギー電子ビーム生成装置を開発してきた。今回、この電子ビーム生成装置を用いて、Kr原子とXe原子、さらにO<sub>2</sub>分子の全断面積を測定した。

## 【実験】

実験は、高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 放射光科学研究施設(KEK-PF)のBL20Aで行った。Arの第一イオン化エネルギーに単色化した放射光を用い、しきい光電子を生成する。しきい光電子は、しみ出し電場により捕集し、電子レンズ系によりビーム状に成形し、減速した後、衝突セルに導く。標的粒子と衝突する事なく、ガスセルを透過した電子ビームを電子検出器で検出し、Lambert-Berr則に基づく減衰透過法を用いて、衝突エネルギーの関数として全断面積を測定する。

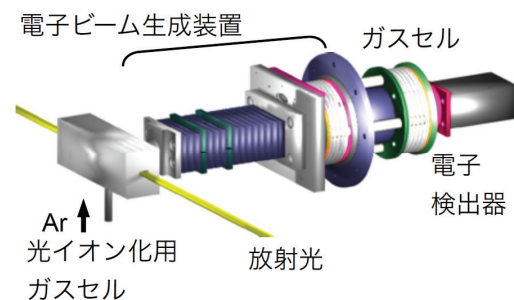


図1:本研究により開発した、Cold Electron Collision 実験装置の概略図。Arのイオン化によって生成したしきい光電子は静電レンズにより、電子ビームへと成形し、Gas Cell 内の標的分子と衝突する。

本手法の特徴は、エネルギーがほぼ“0”のしきい光電子を超低エネルギー電子ビームの電子源として利用することである。しきい光電子のエネルギーが“0”であるため、緩いポテンシャル勾配で捕集する事が可能になり、高いエネルギー分解能を有する電子ビームの生成が期待される。また、原理的には、電子ビームのエミッタンスを非常に小さくする事が可能なため、減速時に電子ビームの発散をより抑えられると考えられる。

また、しきい光電子のみを効率的に捕集するために、しみ出し電場法[3]を電子ビーム生成装置に採用した。このしみ出し電場法が光イオン化領域に形成する広く緩いポテンシャル勾配により、しきい光電子の選択的かつ高効率な捕集を実現した。

## 【結果】

図2に本研究で得られた、衝突エネルギー20meVから12eVにおける、Krの全断面積の測定結果を示す。図から明らかな通り、既存のデータが存在する300meV以上のエネルギー領域では、本実験結果はこれまでの実験結果とおおよそ一致している。また、はじめて $\text{Kr}^- 5p^{-1} ({}^2P_{3/2}) 6s^2$  Feshbach共鳴に起因する構造を、9.5eV近傍にて全断面積上に見いだすことに成功した(図3)。このFeshbach共鳴に起因する全断面積上の共鳴構造に対して、スピン-軌道相互作用を考慮したFanoの公式を実験装置のエネルギー分解能でコンボリュートした結果、共鳴幅を3.9meV、実験装置のエネルギー分解能は約10meVと見積もることが出来た。

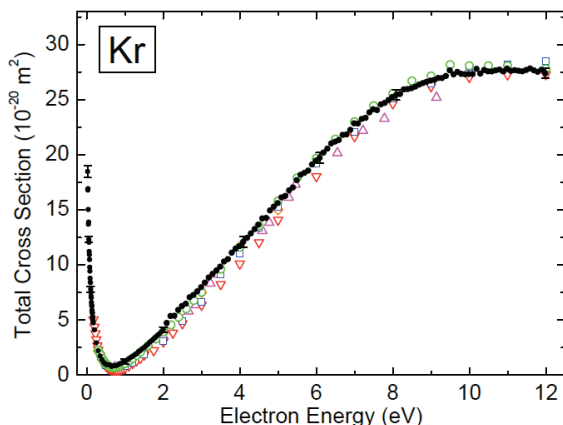


図2:本研究により得られたKrの全断面積。最小エネルギーは $\sim 20\text{meV}$ である。●:本研究、○:[ref4]、◇:[ref5]、△:[ref6]、▽:[ref7]、□:[ref8]

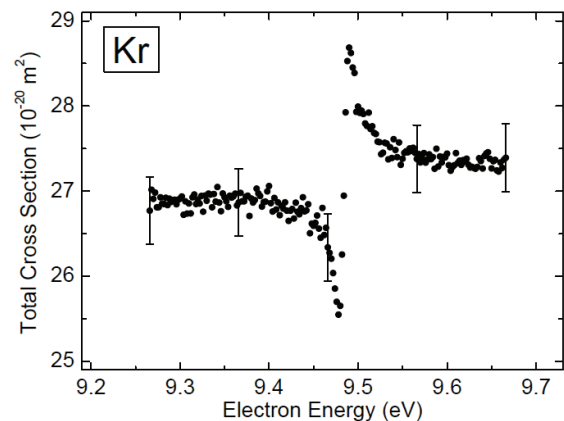


図3:  $\text{Kr}^- 4p^{-1} ({}^2P_{3/2}) 5s^2$  Feshbach共鳴近傍における全断面積の測定結果

## 【参考文献】

- [1] D. Field *et al.*, *Acc. Chem. Rev.* **34**, 291 (2001)
- [2] A. Schramm *et al.*, *J. Phys. B* **32**, 2153 (1999)
- [3] S. Cvejanović and F. H. Read, *J. Phys. B* **7**, 1180 (1974)
- [4] K. Jost *et al.*, 13th ICPEAC, Berlin, Abstracts, p.91 (1983)
- [5] J. Ferch *et al.*, 15th ICPEAC, Brighton, Abstracts, p.132 (1987)
- [6] K. P. Subramanian and V. Kumar, *J. Phys. B* **20**, 5505 (1987)
- [7] S. J. Buckman and B. Lohmann, *J. Phys. B* **20**, 5807 (1987)
- [8] Cz. Szmytkowski *et al.*, *Phys. Scr.* **54**, 271 (1996)