

1P-075

異性体選択負イオン光電子分光のための

イオン移動度-質量分析装置の開発

(東北大院理) 森山 遼一, 小安 喜一郎, 美齊津 文典

Development of an apparatus for isomer selected photoelectron spectroscopy

(Tohoku Univ.) R. Moriyama, K. Koyasu, and F. Misaizu

【序】 気相クラスターは、原子や分子が数個から数百個集まって結合したものであり、原子や分子の孤立相（気相）と凝縮相（液相・固相）の中間に位置する状態である。このため、クラスターの構造や反応性は凝縮相のモデルとして広く研究されてきた。しかし、クラスターはサイズの増加に伴って取りうる構造の種類が多様化し、広いサイズ領域で複数の構造異性体が共存する。この異性体の共存はクラスターの構造特定を困難にするだけでなく、反応性などの物理化学的性質の議論を複雑にしてしまう。この問題は、クラスターの異性体を分離して実験することによって解決できる。

イオン移動度分析法は、イオンと緩衝気体との相互作用を利用して構造異性体を分離する手法である。この方法では、緩衝気体（He）を満たし、静電場を印加したドリフトセル中に測定対象のイオンを入射・通過させる。イオンはセル中で電場による加速と He との衝突による減速を繰り返して一定速度（ドリフト速度）となるが、この時 He との衝突頻度がイオンの構造によって異なるためにドリフト速度に差が生じ、構造異性体を分離することができる。

我々はイオン移動度分析法を用いてクラスターの構造を分離した上で反応性を検討することによって、上で述べた異性体の共存によって生じる議論の複雑化を解消してきた。例えば、炭素クラスターでは $n = 7-10$ の領域で直線と環状異性体が共存するが、この領域で衝突誘起解離を適用した結果、異性体ごとに異なる解離生成物が得られることを示した [1]。

最近、イオン移動度分析法と負イオン光電子分光法を組み合わせ、分離した異性体に対する分光実験が報告され始めている [2,3]。しかし、種々のクラスターに対する分離異性体の光電子分光法の系統的な適用は十分に行われているとは言えない。そこで本研究では、イオン移動度分析装置に光電子分光装置を組み合わせ、異性体選択負イオン光電子分光のためのイオン移動度 - 質量分析装置を開発した。

【実験装置と方法】 製作した実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。この装置では、レーザー蒸発法で生成させたクラスターをドリフトセルへと入射して異性体を分離した後、質量分析計へと導入して質量選別を行う。このようにしてサイズおよび異性体が分離されたクラスター負イオンに対して光電子脱離レーザーを照射し、磁気ボトル型電子エネルギー分析器を用いて負イオンクラスターの光電子スペクトルを測定する。

本研究では装置の性能評価として Ag 原子負イオンを対象として光電子分光実験を行った。

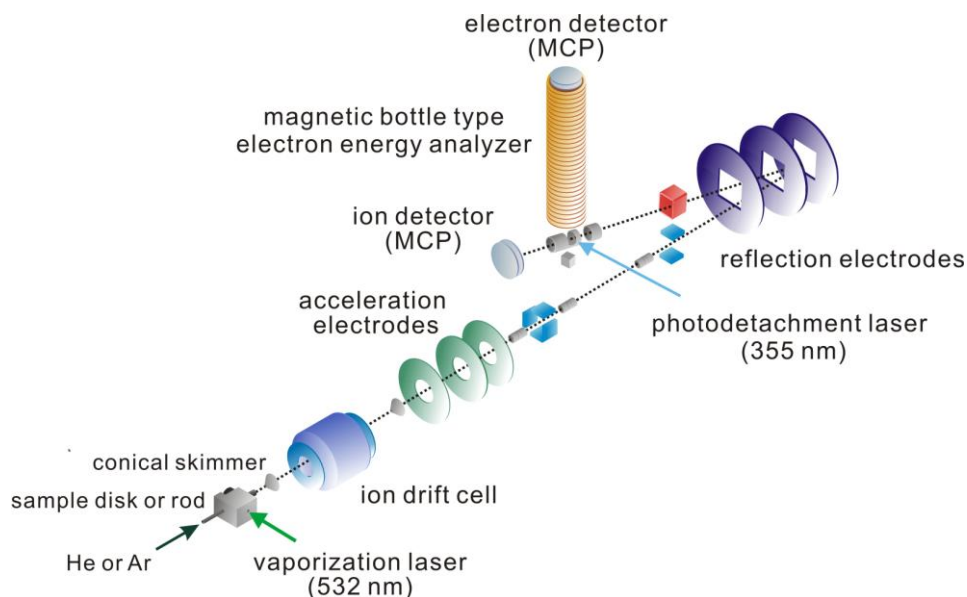


Fig. 1 装置概略図

蒸発用レーザーには Nd:YAG レーザーの第二高調波を用いた。生成した銀クラスター負イオン Ag_n^- を反射型飛行時間質量分析計に導入し、加速電圧 -0.9 keV で加速して Ag^- のみを質量選別した。ここではドリフトセルには He を導入せずに質量選別を行った。反射電極で Ag^- を時間・空間的に収束して磁気ボトル型光電子エネルギー分析器 [4] へ導入した。ここに、Nd:YAG レーザーの第三高調波を入射して光電子を脱離させた。ドップラー幅を減少させるため、脱離する直前に 1.5 keV のパルス電圧を印加して Ag^- を減速して光電子脱離を行った。脱離した光電子の運動エネルギーを解析して光電子スペクトルを測定した。

【実験結果】 得られた Ag^- の光電子スペクトルを Fig. 2 に示す。エネルギー分解能は 1 eV の運動エネルギーの光電子に対して 70 meV であった。エネルギー軸は Ag の電子親和力 1.30 eV [5] を用いて補正した。この光電子の計数レートは約 2 cps であった。異性体分離条件では親イオン量が 10^{-3} 倍程度に減少するため、計数は 10^{-3} cps 程度となる。これは依然十分な効率ではないが、イオンの集束・電子脱離レーザー光強度の増加・長時間積算などによって克服可能と考えている。

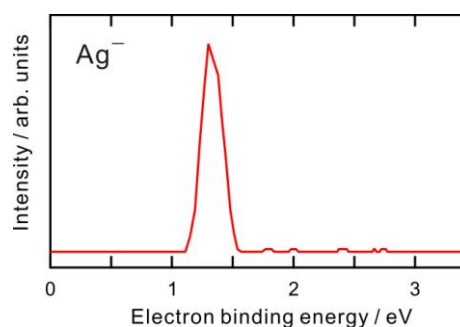


Fig. 2 Ag^- の光電子スペクトル

現在、異性体選択負イオン光電子分光装置の測定条件を検討するとともに、炭素クラスター負イオンの異性体分離後の光電子スペクトル測定を行っている。

【引用文献】

- [1] K. Koyasu, T. Ohtaki, N. Hori, and F. Misaizu, *Chem. Phys. Lett.* **523**, 54 (2012).
- [2] R. Fromherz, G. Ganteför, and A. A. Shvartsburg, *Phys. Rev. Lett.* **89**, 083001 (2002).
- [3] M. Vonderach, O. T. Ehrler, K. Matheis, P. Weis, and M. M. Kappes, *J. Am. Chem. Soc.* **134**, 7830 (2012).
- [4] H. Handschuh, G. Ganteför, and W. Eberhardt, *Rev. Sci. Instrum.* **66**, 3838 (1995).
- [5] H. Hotop, R. A. Bennett, and W. C. Lineberger, *J. Chem. Phys.* **58**, 2373 (1973).