

低速多価イオン二原子分子衝突における電荷移行反応と分子解離

井上洋子, 石井邦和*, 小川英巳*, 坂本直樹*
奈良女大院人間文化, 奈良女理*

ABSTRACT

低エネルギー多価イオン・二原子分子衝突における解離ダイナミクスの解明を目的として、衝突後の入射多価イオンと電荷移行反応後に生成された解離イオン対を同時に測定する“三重コインシデンス実験”を可能とする装置・測定システムの開発を行った。この装置を用いて 500 eV/u 以下での、低エネルギー領域における Ar⁶⁺ イオンと N₂ 分子ガスの衝突について標的分子解離の一次元 TOF 測定, 二次元 TOF 測定を行った。今回の発表では、この研究の現状報告を行う。

INTRODUCTION

多価イオン 分子衝突による分子の解離現象は現在まで様々な研究グループによって行われてきている。その大半は衝突エネルギーが 1 keV/u 以上である。1 keV/u 以下の低エネルギー衝突になると、多価イオンの電子捕獲によるイオン化後の分子イオンの解離の際、分子イオンの近傍に多価イオンがまだ存在し、多価イオンの電子捕獲によって分子のイオン化が起こり、その後分子イオンの解離が起こるという 2 段階ステップ論では考えることが出来なくなる。この事を実験的に確かめるのは非常に難しい為、現在において報告されているのは衝突エネルギー 19 eV/u の実験を行った T. Kaneyasu *et al.* [1]のみである。

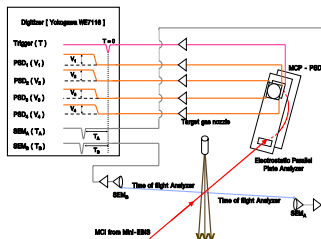
また、T. Kaneyasu *et al.* の実験結果より得られたデータを元に、三原子分子の非対称解離の理論研究も行われている[2]。この分子解離の非対称性について研究を行うには CO₂ のような分子が適当であると考えられる。

そこで、今回我々は、Ar⁶⁺ + CO₂ 衝突に関する“三重コインシデンス実験”を行う準備として、Ar⁶⁺ + N₂ 衝突に関して三重コインシデンス実験を行う。

EXPERIMENTAL SETUP

実験:

- 多価イオン源 Mini-EBIS によって生成された質量選別された多価イオンビームを N₂ 標的のガスと衝突領域にて衝突させる。
- 衝突領域から引き出された多価イオンは粒子のエネルギーと散乱角を解析することの出来る二次元 PSD を備えた静電型並行平板分析器により分析される。
- 解離イオン対は入射ビーム軸に対してそれぞれ 90° と -90° に設置された TOF 分析器によって各々検出される。
- 検出された全信号は、横河電機(株) WE7116 を用いた測定システムにより保存される。



測定システム:

同時に八つの信号をコインシデンスさせ検出・保存することが可能
各々の信号は、最大電圧と時間、最小電圧と時間のデータを持つ
トリガー設定、溜め込みデータ数等の設定を変更可能

Figure 1: 実験装置・測定システム概要図

RESULTS and DISCUSSION

== 一次元 TOF ==

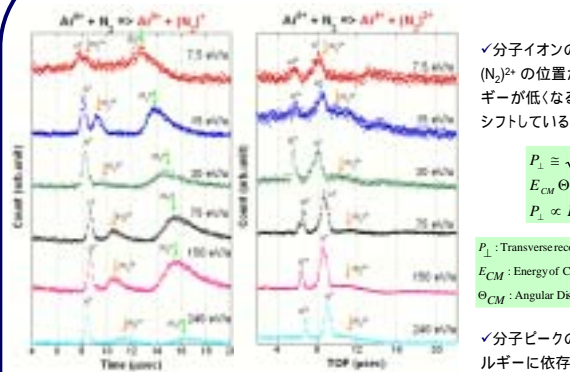


Figure 2: 衝突エネルギー 7.5-240 eV/u での Ar⁶⁺ + N₂ Ar⁵⁺ + (N₂)⁺ 衝突における分子解離の一次元 TOF スペクトル。左より、N²⁺, N⁺, (N₂)²⁺ と (N₂)⁺ のピークが見える。

Figure 3: 衝突エネルギー 7.5-240 eV/u での Ar⁶⁺ + N₂ Ar⁴⁺ + (N₂)⁺ 衝突における分子解離の一次元 TOF スペクトル。左より、N²⁺, N⁺ と (N₂)²⁺ のピークが見える。

✓分子イオンのピーク (N₂)⁺, (N₂)²⁺ の位置が衝突エネルギーが低くなるにつれて左にシフトしている。

$$P_{\perp} \equiv \sqrt{E_{CM}} \Theta_{CM}$$

$$E_{CM} \Theta_{CM} \equiv \text{Const.}$$

$$P_{\perp} \propto E_{CM}^{-1/2}$$

P_⊥: Transverse recoil momentum
E_{CM}: Energy of CM - system
Θ_{CM}: Angular Distribution of CM - system

✓分子ピークの位置が運動エネルギーに依存しているために起こる。

== 二次元 TOF ==

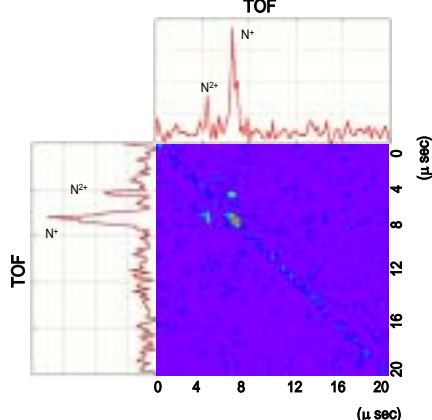


Figure 4: 衝突エネルギー 150 eV/u での Ar⁶⁺ + N₂ Ar⁴⁺ + (N₂)⁺ 衝突における分子解離の二次元 TOF スペクトル。上側スペクトルは TOF , 左側スペクトルは TOF で測定したものを示す。

SUMMARY

低エネルギー多価イオン・分子衝突の衝突ダイナミクスを解明する目的で、500 eV/u 以下の衝突エネルギーにて Ar⁶⁺ + N₂ Ar⁶⁺ + (N₂)⁺, Ar⁶⁺ + N₂ Ar⁴⁺ + (N₂)²⁺ 衝突の一次元, 二次元 TOF 測定を行った。

- ✓一次元 TOF 測定において、ピーク位置が衝突の際の運動エネルギーに依存する“Peak Shifting”が見られた。
- ✓一次元 TOF, 二次元 TOF 測定の結果より、下記のようなコインシデンス経路・分岐比が得られた。

Ar ⁶⁺ + N ₂	Ar ⁴⁺ + (N ₂) ²⁺	: 5.5 %
	Ar ⁴⁺ + N ⁺ + N ⁺	: 35.9 %
	Ar ³⁺ + (N ₂) ³⁺	: 58.6 %

FUTURE PLAN

✓Ar⁶⁺ + N₂

今回行った一次元 TOF, 二次元 TOF 測定をふまえ、低エネルギー領域と高エネルギー領域での Ar⁶⁺ + N₂ 衝突の三重コインシデンス測定を行い、衝突エネルギー依存性を確認する。

✓Ar⁶⁺ + CO₂

一次元 TOF 測定 (左図), 二次元 TOF 測定を行い、正確に TOF スペクトルを同定する。
三重コインシデンス実験を行い、三原子分子の解離の非対称性について研究を進めていく。

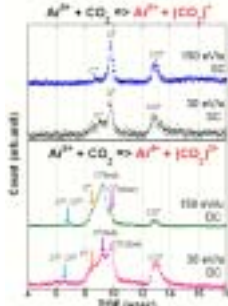


Figure 5: 衝突エネルギー 150, 30 eV/u での Ar⁶⁺ + CO₂ Ar⁴⁺ + (CO₂)²⁺ と Ar⁶⁺ + CO₂ Ar⁵⁺ + (CO₂)⁺ 衝突における分子解離の一次元 TOF 測定。

REFERENCES

- [1] T. Kaneyasu, T. Azuma and K. Okuno: *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **38** No 8 (28 April 2005) 1341-1361.
- [2] T. Ohyama-Yamaguchi and A. Ichimura: *J. Phys.: Conf. Ser.* **58** (2007) 247-250.