

低温イオン-極性分子反応の分岐比測定へ向けた イオントラップ飛行時間型質量分析計の開発

上智大理工^A, 理研^B, テキサス A&M 大^C

岡田邦宏^A, 木村直樹^A, 和田道治^B, H. A. Schuessler^C

Development of an ion trap time-of-flight mass spectrometer for measurements of reaction branching ratios of ion-polar molecule reactions at low temperatures

^A*Department of Physics, Sophia University*, ^B*RKEN*, ^C*Texas A&M University*^B

Y. Takada^A, K. Okada^A, M. Wada^B, H. A. Shuessler^C

低温環境にある星間分子雲の化学進化では、活性化エネルギーを要しないイオン分子反応が重要な鍵を握っている。その中でもイオン極性分子反応は低温で捕獲断面積が大きくなるため化学進化の中心的役割を担っていることが知られている。しかしながら気相イオン極性分子反応の低温における実験的研究例は非常に少ない。その理由は極性分子の多くが 100 K 以下の低温で凝縮してしまうためであり、既存の実験方法では反応速度測定が困難だったからである。この困難を解決するべく、我々はこれまで温度可変シュタルク分子速度フィルターと冷却イオントラップを組み合わせた気相低温イオン極性分子反応測定装置を開発してきたが¹⁾、レーザー誘起蛍光法を用いた従来の反応速度測定法²⁾では反応分岐比に関する情報を得ることができないという欠点があった。そこで我々は従来の装置に飛行時間型質量分析計を導入することを計画している。低速極性分子と分子イオンを反応させた後、クーロン結晶中に保持される生成物イオンをイオントラップ外部に引き出し、飛行時間質量分析 (TOF-MS) を行なうことによって反応時間毎の分岐比の測定を実現する (図 1)。講演では、現在開発している実験装置の詳細と TOF-MS スペクトルの数値シミュレーション結果について報告する。また、冷却イオントラップ内で生成した混合クーロン結晶の TOF-MS 実験の現状についても併せて報告する予定である。

1) K. Okada *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **88**, 083106 (2017).

2) K. Okada *et al.*, *Phys. Rev.* **A87**, 043427 (2013).

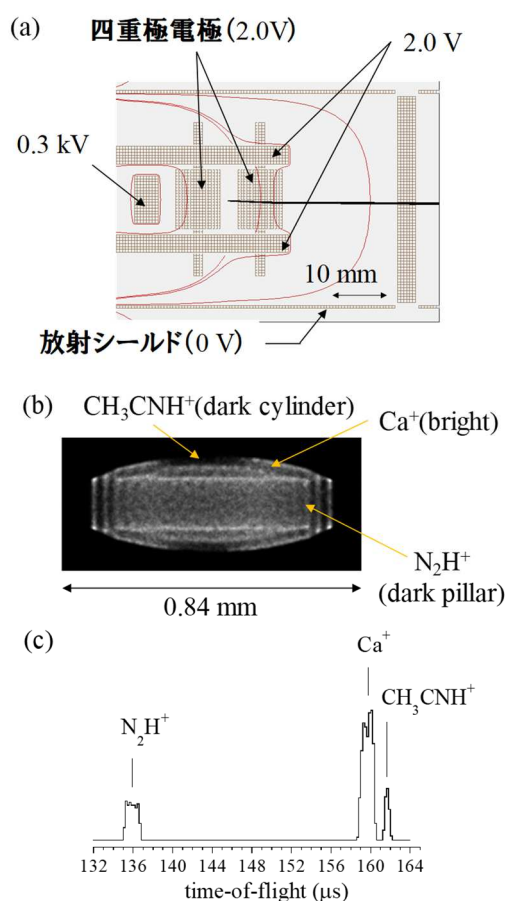


図1. SIMION8.0を用いた飛行時間スペクトルの数値シミュレーション。(a) イオン引出時の電極電位, (b) イオンの初期配置に用いたCa⁺ (質量数40), N₂H⁺ (質量数29), CH₃CNH⁺ (質量数41) の混合クーロン結晶のシミュレーション画像, (c) 飛行時間スペクトルのシミュレーション結果。

多価イオン共同冷却実験に向けたイオン生成と捕捉 II

上智大^A, 理研^B, 高エネ研^C, 産総研^D, 電通大^E, 東大工^F

木村直樹^{A, B}, 和田道治^{C, B}, 岡田邦宏^A, 加藤英俊^D,

中村信行^E, 大前宣昭^B, 香取秀俊^{B, F}

Iontrap experiment for sympathetic cooling of highly charged ion II

^ASophia Univ., ^BRIKEN, ^CKEK, ^DAIST, ^EUEC, ^FTokyo Univ.

Naoki Kimura^{A, B}, Michiharu Wada^{C, B}, Kunihiro Okada^A, Hidetoshi Kato^D,

Nobuyuki Nakamura^E, Noriaki Ohmae^B, Hidetoshi Katori^{B, F}

近年、多価イオン精密分光を用いて微細構造定数 α の時間変動を有利に評価する方法が提案され、大変注目されている¹。我々の研究グループでは、多価イオンの精密分光値と Sr 光格子時計との長期間比較による微細構造定数 α の時間依存性検証実験²を最終目標に据え、研究を進めている。現在、多価イオン精密分光の実現に向けて、共同冷却法による冷却多価イオンの生成を目指した独自の装置開発を進めており、これまでの物理学会でも、装置の構想³、電子ビーム源の開発⁴、クライオチャンバーの開発進捗⁵等に関して報告してきた。

現在は、共同冷却の冷媒として用いる Be⁺イオンの生成・捕捉およびレーザー冷却実験の準備を進めており、クライオチャンバー中での電子ビーム源の駆動テストや、レーザーアブレーション法によるクライオチャンバー内へのガス導入テスト、RF 駆動回路の改良等を行っている。今後、別途開発中の 313nm レーザーをトラップ軸上に導入し、CCD カメラと顕微光学系を用いて Be⁺イオンの蛍光観測実験を行う予定である。

講演では、現在進めているイオントラップ実験の進捗に関して詳しく説明する。

¹ J. C. Berengut, V. A. Dzuba, and V. V. Flambaum, Phys. Rev. Lett. 105, 120801(2010)

² V. A. Dzuba, V. V. Flambaum, and Hidetoshi Katori, Phys. Rev. A 91, 022119(2015)

³ 木村直樹他、日本物理学会 2016 年秋季大会、16aKJ-2、金沢大学

⁴ 木村直樹他、日本物理学会第 72 回年次大会、19pC36-6、大阪大学

⁵ 木村直樹他、日本物理学会 2017 年秋季大会、21aA29-3、岩手大学