

レーザー分光によるフラレン負イオンの輻射冷却の研究

(首都大院理工, 首都大都市教養[†]) 後藤基, 座間優[†], 兒玉健, 松本淳,
城丸春夫, 阿知波洋次, 間嶋拓也, 田沼肇, 東俊行

[はじめに]

我々は静電型イオン蓄積リング(TMU E-ring)を建設し, 孤立イオンと原子, 分子, 光子との衝突実験を行っている。これまでに, 巨大分子イオンを対象とした分光実験や, クラスタイオンの寿命測定などを報告した[1,2]。今回の実験では, リング内に蓄積されたフラレン類の輻射冷却を分光学的に研究することを目的とした。

多くの場合, 炭素クラスタイオンは高温状態で生成し, その冷却過程が構造を決定する一つの因子となっている。例えば不活性ガスとの衝突により冷却した場合, その衝突エネルギーに依存して異性体の生成比が変化することが報告されている[3]。一方, 高温のクラスタを冷却する手法として輻射冷却を用いた場合, 非常に遅い冷却であるため, 最終的に最安定構造に落ち着く可能性がある。そこで輻射冷却による構造変化を追跡して, クラスタの幾何構造が形成される過程の知見を得ることを最終的な目標とした。その目的のため, TMU E-ring を用いて吸収スペクトルをイオン生成後の時間の関数として測定する実験を行った。

[実験]

実験の概略図を図1に示す。固体の C_{60} をレーザー脱着することによって生成した負イオンを, パルスビームとしてTMU E-ringの一方の直線部(Line A)に入射・蓄積した。レーザー脱着型イ

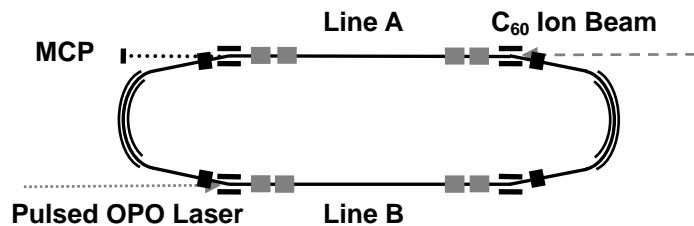


図1 実験の概略図。

オン源には質量選別装置が設置されていないため, イオンの周回と同期してリング内の上下偏向電極にパルス電圧を印加することによって, イオン源において生成したフラグメントイオン等の不純物イオンを除去した。その後一方の直線部(Line B)において可視・近赤外レーザーをイオンに照射し, 生成した中性粒子をLine A下流に設置したMCPを用いて観測した。25 msの蓄積時間において, イオンにレーザーを照射した際の典型的な中性粒子観測の様子を図2に示す。この図より, レーザー照射に誘起されてイオンから中性粒子が生成していることがわかる。この実験では遅延反応に由来する信号を選択的に観測しており, レーザー照射後数msの間, 中性粒子由来の信号

が観測されている。

負イオンの励起状態とのエネルギー差に対応する波長の光を照射した場合、共鳴的に多光子吸収が起こる確率が増大し、それに伴って生成する中性粒子の収量も増大する。従って、レーザーの波長に対して生成した中性粒子の収量をプロットしたものは負イオンの吸収スペクトルに対応する。輻射冷却による効果を調べるため、この吸収スペクトルの蓄積時間依存性を調べた。

[結果及び考察]

図 3 に吸収スペクトルの蓄積時間依存性を示す。予備的な結果であるが、蓄積時間が 900 ms の場合におけるスペクトルを測定することができた。これを蓄積時間が 25 ms のスペクトルと比較すると、吸収帯の波長領域はほぼ同一であり、 9800 cm^{-1} 、 10200 cm^{-1} 及び 10750 cm^{-1} 付近のピークがやや明瞭になっていることがわかる。また、 9500 cm^{-1} 付近に新たなピークが出現しているように見える。この波数領域付近にはサッカーボール状の炭素ネットワークを持つ C_{60} 負イオンのバンドオリジンがあることが知られており[4]、それがイオンの冷却によって観測可能になったためと考えられる。

今後は、より詳細に蓄積時間依存性を検討することや、イオンの生成条件を変化させることによるスペクトルの変化の有無を検討する予定である。

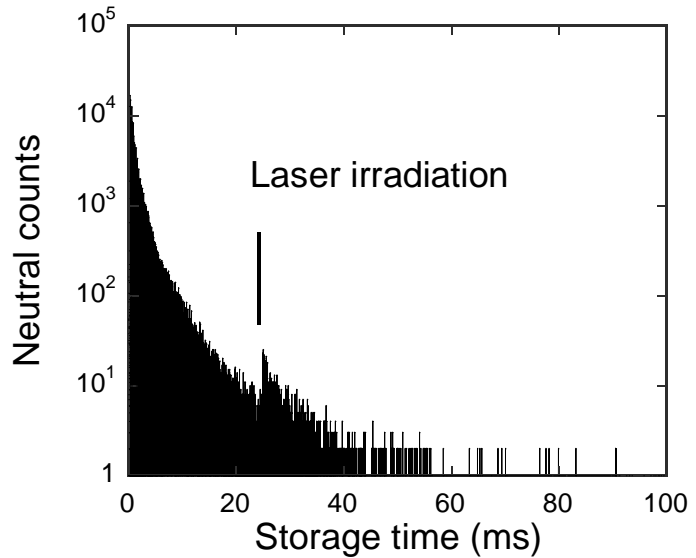


図 2 25 ms の蓄積時間において負イオンにレーザーを照射した際の典型的な中性粒子観測の様子(片対数プロット)。

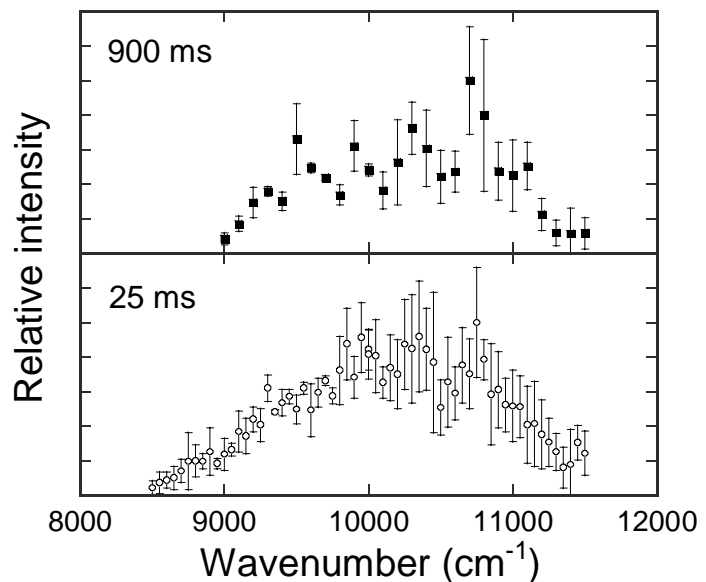


図 3 レーザー脱着で生成した C_{60} 負イオンの吸収スペクトルの蓄積時間依存性。エラーバーは 3 回の測定における標準偏差を示す。

- [1] M. Goto *et al.*, Chem. Phys. Lett. **460**, 46 (2008).
- [2] T. Takao *et al.*, J. Phys. Conf. Ser. **88**, 012044 (2007).
- [3] N.G. Gotts *et al.*, Int. J. Mass. Spectrom. **149/150**, 217 (1995).
- [4] S. Tomita *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 053002 (2005).