

## 静電型イオン蓄積リングにおける ポルフィリン負イオンビームとレーザーの合流実験

(首都大院理工) 後藤基, 安田有里, 神野智史, 高雄智治, 花田勝彦,  
田沼肇, 東俊行, 杉浦健一, 城丸春夫, 阿知波洋次

### [はじめに]

ポルフィリン類は生体の核をなす分子のひとつであり、光吸収によるエネルギー輸送や物質の運搬などの役割を果たすことが知られている。ポルフィリンイオンの実験の大半は溶液中で行われており、気相中における実験はほとんど報告されていない。そこで我々は静電型イオン蓄積リング (TMU E-ring) を用いたポルフィリン負イオンのレーザー分光を目的として、代表的なフリーベースポルフィリンである  $H_2TPP$  (5,10,15,20-Tetraphenyl-21H, 23H-porphine, 図1) のイオンビームとレーザーの合流実験を行った。

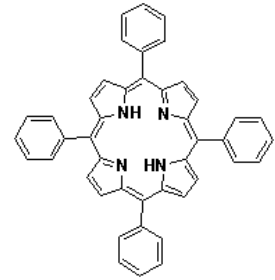


図1  $H_2TPP$  の構造。

### [実験]

レーザー脱着型イオン源で生成した  $H_2TPP^-$  を 15 keV に加速し、パルスビームとしてリング内に入射した。親イオンとともに生成するフラグメントイオンやオリゴマーイオンはリング内を周回する周期が親イオンと異なる。そこで、イオンの周回と同期して上下偏向電極にパルス電圧を印加することによって不純物イオンを除去し、イオンビームを“精製”することに成功した。イオンビームから生成する中性粒子を直線部下流に設置のMCPで観測することによって、周回しているイオンの情報を得ることができる。 $H_2TPP^-$  を 4.8 秒間蓄積したときに観測した中性粒子の結果を図2に示す。蓄積直後から約 100 ミリ秒までの中性粒子収量の早い減衰は高温のイオンの自動電子脱離過程に由来し、それ以降の減衰はある程度冷えたイオンが残留ガスとの衝突によって電子を放出する過程に対応する。

次に、入射から約 75 ミリ秒後においてイオンビームとパルス OPO レーザーを一方の直線部で合流し、生成した中性粒子をもう一方の直線部にある MCP で観測した。結果を図3に示す。励起されたイオンの遅延電子脱離過程が観測された。周回しているイオンの一部をレーザーによって励起しているため、遅延過程は周期的信号となる。遅延電子脱離過程は負イオン超励起状態を経由する反応

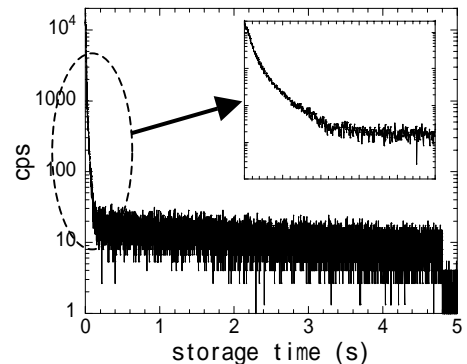


図2 リング内にイオンを 4.8 秒蓄積した時に観測した中性粒子の減衰の様子。挿入図はイオン入射から 250 ミリ秒までの拡大図。

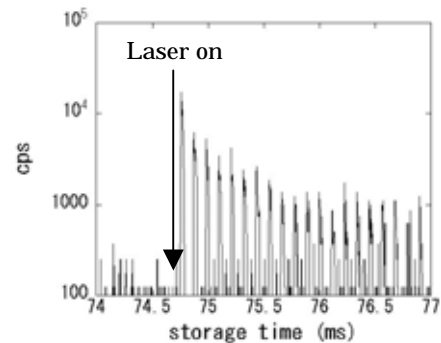


図3 レーザー誘起電子脱離によって生成した中性粒子の様子。

であり、励起状態の生成や緩和に関する情報を含んでいる。この遅延過程についてより詳細な検討を行うため、照射するレーザーの波長、レーザーフルエンスやレーザーを照射するタイミングを変化させることによる遅延電子脱離過程の変化を調べた。

[結果および考察]

入射から約 75 ミリ秒にレーザーを照射し、遅延電子脱離過程で生成した中性粒子の減衰の励起波長依存性を図 4 に示す。75 ミリ秒の蓄積ではイオンは十分に冷えていないため励起状態のイオンは幅広な内部エネルギー分布を持つ。このような場合に減衰曲線は  $1/t$  ( $t$ : レーザー照射後の時間) に比例することが報告されている[1]が、どの励起波長においても  $1/t$  曲線からのずれを観測し、さらに励起波長によってずれ方が異なることもわかった。また同様にレーザーフルエンス依存性を調べた結果を図 5 に示す。この図からレーザーフルエンスが小さくなるほど減衰曲線は  $1/t$  から大きく外れることがわかった。これらのことから励起したイオンの内部エネルギー分布には偏りがあり、 $1/t$  曲線からずれが生じていると考えられる。さらに減衰曲線の蓄積時間依存性を調べた。イオンは赤外放射によって環境温度にまで冷えるので、レーザーを照射するタイミングを変化することで冷却過程を調べることができる。結果を図 6 に示す。入射から 75 ミリ秒後と 1 秒後では減衰曲線に違いが見られた。これは冷却により励起状態の分布に変化が生じたことを示している。

また、励起波長がイオンの吸収帯と一致するとき共鳴的に励起状態の収量が増えるため、遅延電子脱離過程による中性粒子収量を励起波長に対して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。蓄積から 75 ミリ秒における吸収スペクトルを図 7 に示す。イオンが十分に冷えていないため幅広のスペクトルであるが、イオンの吸収帯を観測できた。今後は蓄積時間を延ばすことで冷却過程を観測し、冷イオンの吸収スペクトルを測定する予定である。

[1] K. Hansen *et al.*, PRL 87,12(2001)

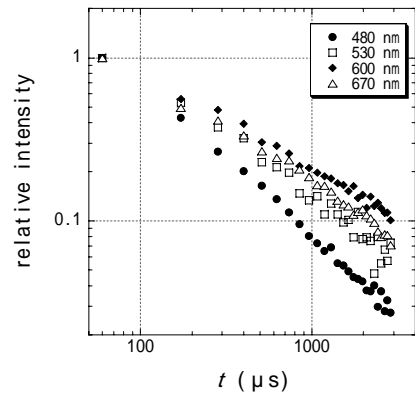


図 4 遅延電子脱離過程の励起波長依存性。レーザーフルエンスは  $0.8 \text{ mJ/cm}^2$ 。

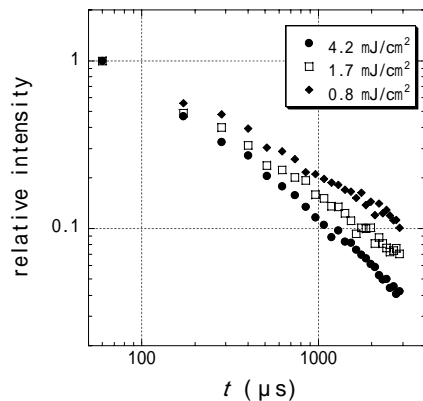


図 5 遅延電子脱離過程のレーザーフルエンス依存性。励起波長は  $600 \text{ nm}$ 。

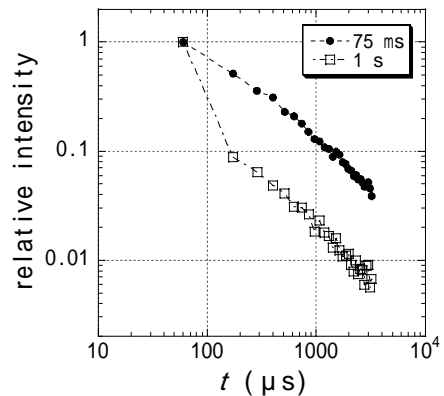


図 6 遅延電子脱離過程の蓄積時間依存性。レーザーは  $600 \text{ nm}$ 、 $4.2 \text{ mJ/cm}^2$ 。

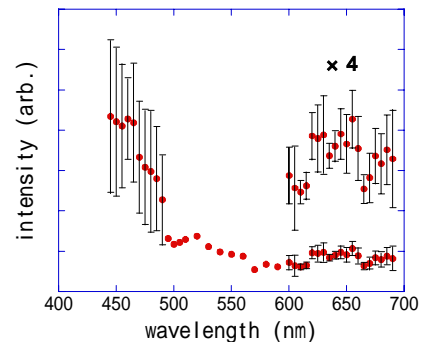


図 7 気相中における負イオンのスペクトル。