

静電型イオン蓄積リングによるフラーレン負イオンの蓄積

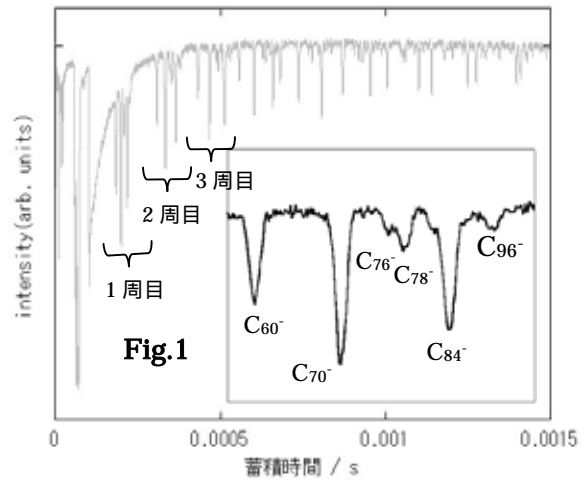
(首都大院理工¹、都立大院理²、都立大理³、首都大都市教養⁴)

後藤基¹、安田有里²、石川佳宏³、佐藤絢子²、神野智史²、高雄智治²、
花田勝彦¹、田沼肇⁴、東俊行⁴、奥野和彦⁴、児玉健⁴、城丸春夫⁴、阿知波洋次⁴

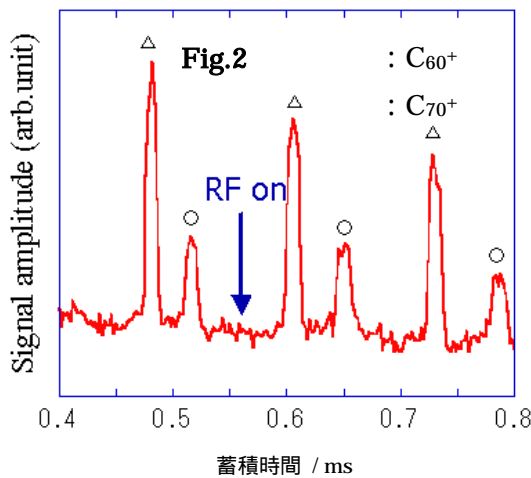
[序] 我々は1994年に気相フラーレン負イオンの多光子共鳴電子脱離分光を行ったが[1]、イオンの内部温度が高かったためスペクトルは幅広であった。そこで本研究では、真空中にフラーレン負イオンを数秒間蓄積してイオンを冷却し、その冷イオンの分光実験を行うことを目的として、レーザー脱着型イオン源で生成したフラーレンイオンを静電型イオン蓄積リング(TMU E-Ring)に入射して周回実験を行っている。

[イオン源] -14kVを印加したチャンバー内に試料を塗布した電極を挿入し、レーザー脱着により負イオンを得た。レーザー照射直後に-1kVのパルス電圧を印加してイオンを引き出し、最終的に15keVに加速したイオンをパルスビームとしてリングに入射した。

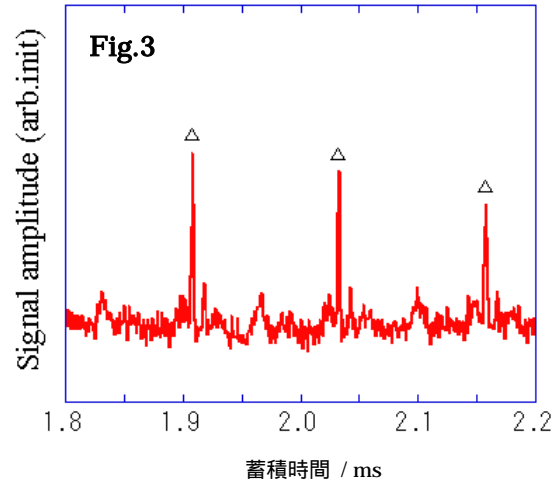
[多種イオン同時周回実験] 高次フラーレンを濃縮した試料を用いて負イオンを入射、蓄積した。リング内に設置した円筒形電極で、パルスビームが通過する際の誘導電荷を検出してビーム強度の経時変化を測定した結果をFig.1に示す。周回するイオンの運動エネルギーは等しいため、軽いイオンは周回時間が短くなり、重いイオンは周回時間が長くなる。Fig.1内にある0.3ms~0.39ms(2周目)における拡大図から、さま



高次フラーレンを濃縮した試料をリング内に周回させたときの誘導電荷信号



C₆₀⁺, C₇₀⁺同時周回時の誘導電荷信号。RF電圧印加前および直後

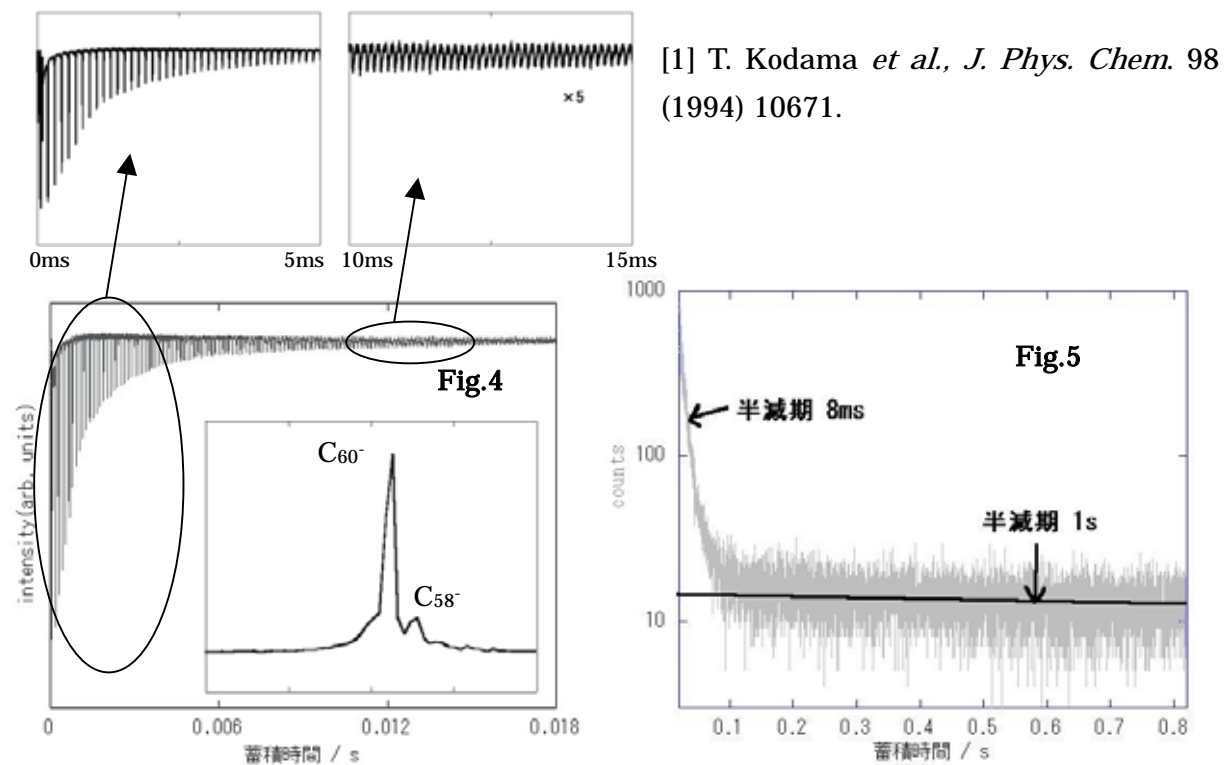


RF電圧を印加してC₆₀⁺のみをパンチ化したときの誘導電荷信号

さまざまな質量のフラウンが同時に周回していることがわかる。このように多種のイオンが同時に周回している場合、周回が進むにつれてピークの同定が困難になるが、特定のイオン種に同期したRF電圧を印加することにより選択的バンチ化が可能である。例として、 C_{60}^+ 、 C_{70}^+ 同時周回時における C_{60}^+ の選択的バンチ化実験の結果をFig.2、Fig.3に示す。RF印加前には C_{60}^+ 、 C_{70}^+ はともにパルスビームとして周回している (Fig.2) が、イオンを入射してから0.55ms後 (Fig.2の矢印の時間) にRF電圧を印加すると、約1ms後には C_{60}^+ の信号は先鋭化し、バンチが圧縮されて周回している (Fig.3)。一方 C_{70}^+ は速やかにそのバンチ構造を失うことがわかる。

[C_{60} の電子脱離] 精製した C_{60} を試料として周回実験を行ったときの誘導電荷信号をFig.4に示す。Fig.4上の0s~5msの拡大図と10ms~15msの拡大図の比較から明らかなように、時間の経過とともにバンチ構造が失われる。これは、周回イオンの運動エネルギーに幅があるためである。またFig.4の信号をフーリエ変換することにより得られた質量スペクトル(挿入図)から、 C_{60} のほかにもレーザー脱着時に生成した C_{58} が周回していることがわかる。

バンチの広がりによって誘導電荷型検出器では検出できなくなったイオンビームの情報を得るために、中性化して周回軌道からそれた粒子をリング直線部下流に設置したマイクロチャンネルプレートにより検出した。この中性粒子検出器を用いて約0.8秒間蓄積したイオンビームの様子をFig.5に示す。この図から中性粒子には短寿命の成分と、長寿命の成分があることがわかる。短寿命の成分は半減期が約8msで、イオンの内部温度が高いために自動電子脱離を起こして中性化した粒子を観測したものであると考えられる。また長寿命の成分は半減期が約1秒で、赤外放射によって冷えたイオンがリング内に存在する残留ガスとの衝突によって減衰していく過程に対応していると考えられる。



C_{60}^+ 周回時の誘導電荷信号とFT質量スペクトル

中性粒子検出による C_{60}^- の蓄積寿命測定結果