

高速イオンとC<sub>60</sub>の衝突におけるC<sub>60</sub>の分解理化学研究所 原子物理研究室  
中井陽一Fragmentation of C<sub>60</sub> in Collision of fast ion with C<sub>60</sub>

Yoichi Nakai

The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)

気相クラスター粒子とイオン・気体原子の衝突は近年盛んに行われているが、特にC<sub>60</sub>が容易に（安価に）手に入るようになってからは、クラスター側のサイズ選別を行う必要がないため、特に盛んに行われようになった。[1-4] その中でも、高速重イオン（核子あたり1MeV程度より速い）との衝突に注目してみたい。アルゴン国立研究所のLeBrunらは、ATLASからの核子あたり5MeV程度のXeイオンとC<sub>60</sub>との衝突における、C<sub>60</sub>のフラグメントイオンの質量分布の測定を行った。その結果、図1に示すようなU字型の質量分布を得た。この質量分布の特徴は、高エネルギー陽子による原子核のMultifragmentation現象における質量分布とよく似ており、彼らはボンドパーコレーションによって、低質量側で質量分布が定性的には再現されることを示した。また、parent-likeなフラグメントでは実験結果に対してパーコレーションによる分布は相対的に強度が弱く、それは、XeイオンとC<sub>60</sub>のオーバーラップのない遠隔衝突におけるプラズマ振動の励起によるイオン化・分解によるものが含まれるからであるとし、C<sub>60</sub>の1価イオンの生成率の衝突エネルギー依存性がプラズマ振動の励起断面積から再現されるとしている。[1] 我々は、イオンとC<sub>60</sub>のオーバーラップがある、比較的ハードな近接衝突だけを実験的に選別して、衝突後のC<sub>60</sub>のMultifragmentation現象についての情報を得るためフラグメントの質量分布を測定した。

上に述べた近接衝突を実験的にどうやって取り出すかであるが、ここで高速イオン・原子の衝突に立ち戻ってみる。入射イオンに電子が束縛されているものとしよう。入射イオンの速度が束縛電子の内部運動の速度より速いときは、入射イオンの束縛電子は標的原子の原子核や電子からのクーロン相互作用を個別に受けると考えてよく、入射イオンからの束縛電子の離脱（電離）は標的原子の核、または電子のどれかと直接相互作用することによって引き起こされると考えてよい。標的原子は中性であるので、距離が遠いときには入射イオンの電子に対する標的原子からの相互作用は小さい。そのため、入射イオンの電子の電離はイオンが標的原子のすぐ近傍、すなわち電子雲のオーバーラップを持つ程度の距離で通過するとき起こると考えてよい。標的原子をC<sub>60</sub>に置き換えても事情は大きくかわらず、入射イオンのイオン価が変化するときのみのフラグメント分布を測定すればいいことになる。我々は入射イオンとして核子あたり1.3MeVのC<sup>5+</sup>を用い、衝突領域の下流にある分析電磁石で炭素イオンのイオン価を分析し、C<sup>6+</sup>となったものだけをビーム検出器で検出した。フラグメントの質量はビーム検出器の信号をスタートとするTOF法で選別した。（図2）

入射イオンの最終電荷状態について一切選別をしない時のTOFスペクトルと上の方法による近接衝突のTOFスペクトルを図3に示す。まず、特徴的なのは、近接衝突の場合には一切parent-likeなフラグメントがみられないことである。イオン価ポテンシャルなどを考えると、このことはかなりの高電離がおきて小さいフラグメントイオンが複数生成されていることを示すとかんがえられる。また、15量体までの低質量のフラグメントの分布を図4にしめす。入射イオンの最終電荷状態について一切選別をしない時と近接衝突の場合とを比べると、10量体から15量体の強度が近接衝突の場合にはかなり小さくなっている。この質量範囲のクラスターは9量体までがほとんど直鎖構造なのに比べ、リング構造が主体となっている。[5]したがって、ハードな近接衝突の場合には、最初の崩壊が衝突による高電離の結果のクーロン爆発によると考えられるので、リング構造を持つクラスターは生成されにくいのではないかと推察される。また、9量体までの振動構造は、他のフ

ラグメンテーションの実験や炭素クラスターの生成実験でもみられるものであり、フラグメントが引き出される間にフラグメンテーションの過程は最終的にはエネルギー的に安定な構造のクラスターの分布が大きくなるまで十分進んでいくことを示している。

我々は現在、イオンとクラスター粒子や固体表面など有限系との相互作用を原子過程の観点から理解するため、さらに詳細な情報を得ようとしている。このような衝突過程では、きわめて短時間の間に系全体に擾乱が引き起こされ、系が脱励起・崩壊していく。それは、原子核の衝突における過程とも共通の観点が含まれる。このような方向からも、考え方、理論的・実験的手法などの交流ができれば喜ばしいことだと思います。

この研究は

伊藤秋男、尾藤康則、鈴木一（以上京都大工学部）神原正、粟屋容子（以上理研）の方々との共同研究による。

Reference

- [1] T. LeBrun *et al* Phys. Rev. Lett. **72**, 3985(1994).
- [2] P. Hvelplund *et al* Phys. Rev. Lett. **69**, 1915(1992).
- [3] S. Della-Negra *et al* Nucl. Instrm. and Meth. B **74**, 453(1993).
- [4] B. Walch *et al* Phys. Rev. Lett. **72**, 1439(1994).
- [5] T.G. Schumalzet al., J. Am. Chem. Soc. **110**, 1113(1988)

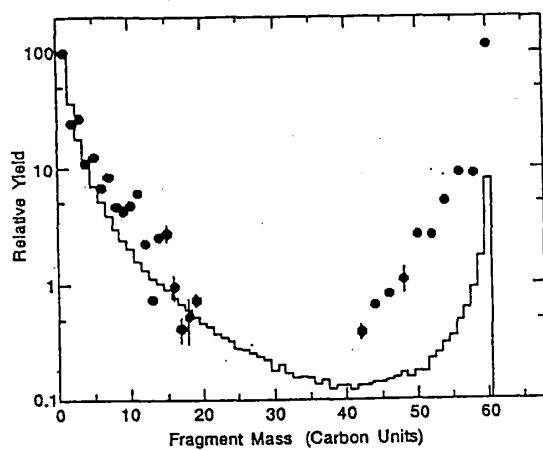


図1 Xeイオンとの衝突によるC60のフラグメント分布。ANLにおける実験結果(Ref. 1)

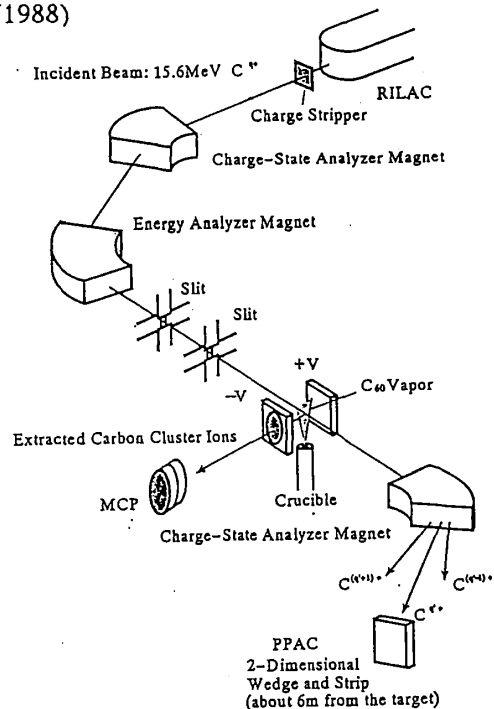


図2 実験装置の概略

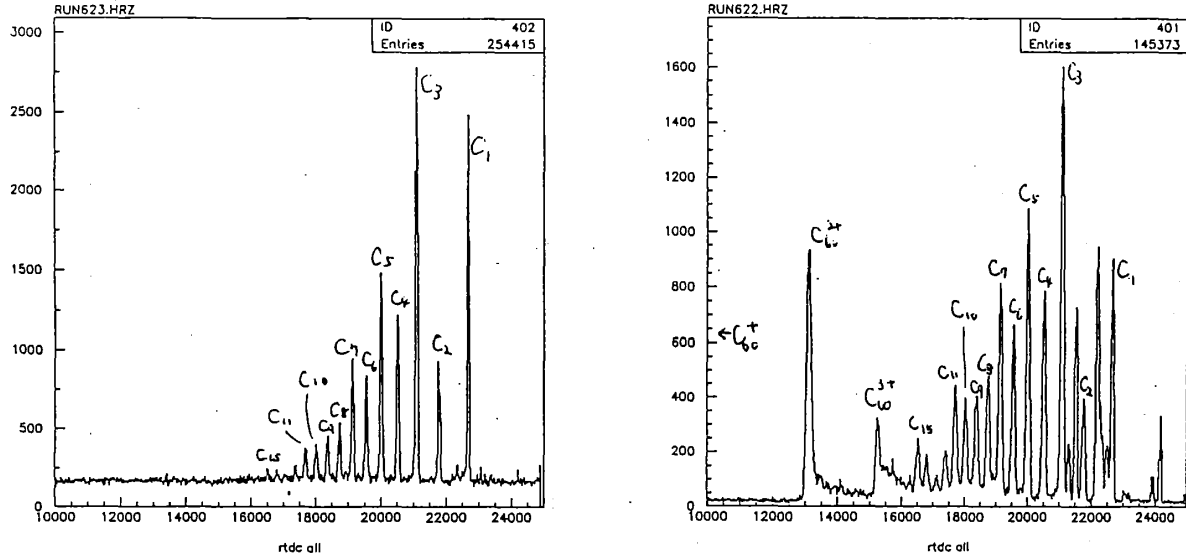


図3 TOFスペクトル 左が近接衝突のみの場合、右は入射イオンの最終電荷状態について一切選別をしない時

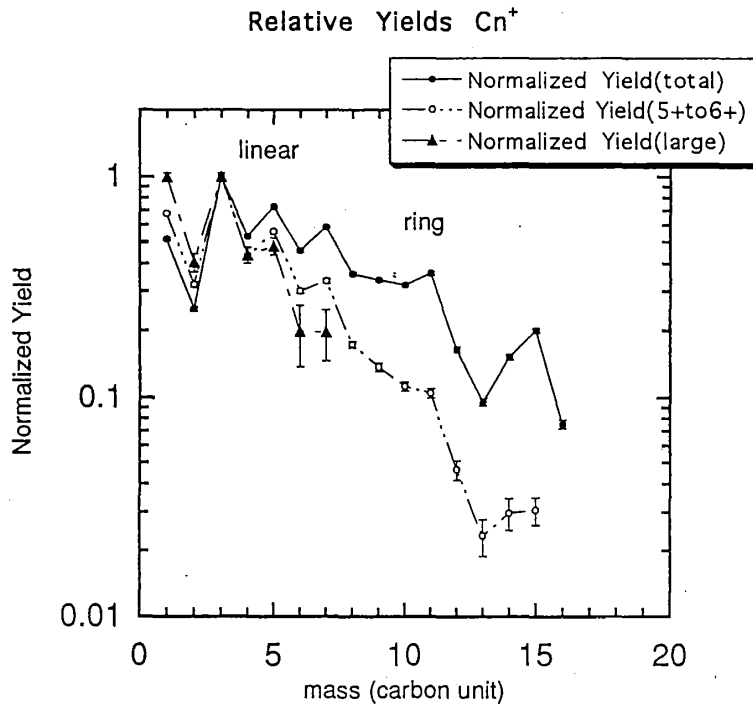


図4 1量体から15量体までの質量分布 (Preliminary)