

氏名(本籍)	とみ た しげ お 富 田 成 夫 (茨城県)		
学位の種類	博 士 (理学)		
学位記番号	博 乙 第 1,268 号		
学位授与年月日	平成 9 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	物 理 学 研 究 科		
学位論文題目	Mass and Internal Energy Distributions of Fullerenes Produced in Arc-discharge Ion Source (アーク放電イオン源で生成されたフラーレンの質量と内部エネルギー分布)		
主査	筑波大学教授	理学博士	古 野 興 平
副査	筑波大学助教授	理学博士	李 相 茂
副査	筑波大学助教授	理学博士	田 岸 義 宏
副査	筑波大学助教授	理学博士	矢 花 一 浩

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

フラーレンは炭素原子がサッカーボールの様にほぼ球形構造で結合した一種の高分子である。特に炭素原子の個数が60または70個の  $C_{60}$  および  $C_{70}$  が、その高い対称性のために他の炭素原子数のフラーレンよりも安定である事が知られている。近年、フラーレンのイオンのうち  $C^{+}_{60}$  および  $C^{+}_{70}$  と気体または物質表面での散乱過程が研究されているが、実験結果の定量的分析においてフラーレンのイオンが衝突前に持っている内部エネルギーの値を知ることが重要である。この内部エネルギーはイオンの生成過程によって異なり、特にプラズマ型イオン源で生成されるイオンについては、内部エネルギーが測定されていなかった。そこで本研究では、励起状態にある  $C^{+}_{60}$  および  $C^{+}_{70}$  が崩壊する際に電氣的に中性の  $C_2$  分子を放出する事に着目して、その崩壊定数の測定から内部エネルギーを求める事を目的として実験的研究を行った。

著者は上記の崩壊定数を測定する装置として、プラズマ型イオン源、速度選別器ならびに2台の静電型エネルギー分析器を製作した。この実験装置において、イオン源から出射したイオンを速度選別器と第1静電エネルギー分析器を通す事によって、運動エネルギーの揃った  $^{60}C^{+}$  イオンが取り出される。この取り出し位置から一定距離を飛行する間に崩壊せずに残ったイオンと、 $C_2$  分子を放出して崩壊したイオンは、後者が崩壊によってそのエネルギーが低くなるので、これらは第2静電エネルギー分析器を通して識別する事が出来る。著者はこれらの二種類のイオン数の比から崩壊定数を求めた。

実験結果の概要は次の通りである。

(1) イオン源から得られるフラーレンイオンは  $C^{+}_{70}$  から  $C^{+}_{32}$  附近まで  $C_2$  の質量間隔で分布し、これは崩壊過程として  $C_2$  放出が主要な過程である事を示す。

(2)  $C_n \rightarrow C_{n-2} + C_2$  過程の崩壊定数を  $n=70$  から  $n=50$  までの広い質量範囲にわたって測定し、さらに  $C_{70}$ 、 $C_{68}$ 、 $C_{62}$ 、 $C_{60}$  の場合には崩壊定数に時間依存性があることを見出した。

データ解析として著者はまず実験で得られた崩壊定数から Finite Heat Bath 模型を用いて各フラーレンイオンの内部エネルギーを計算した。その結果、安定なフラーレンイオンほど内部エネルギー分布の幅が広い事が分かった。さらに著者はイオン源内での加熱機構を考察し、イオン源内でのイオン集団は粒子蒸発を行う独立な要素(イオン)の集団として取扱えると仮定した。通常、このような取扱いでは集団の形成時間  $t_0$  によって要素の

内部エネルギーが決定されるが、著者はこの時間をイオンがプラズマ領域に閉じ込められている時間 $\tau_n$ で置き換え、これを $\tau_n=1\times 10^{-5}$ 秒にしたとき、実験データが矛盾なく説明できる事を示した。

著者は本研究を通じてフラーレンイオンの内部エネルギーを求める一つの実験的方法を開発した。また、プラズマ型イオン源内でのイオンの物理的状態に対して、蒸発集団模型を基礎とする近似的取扱いが適用出来る事を結論として導いた。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

フラーレンをはじめ原子クラスター同士の反応において、反応前に各クラスターがどれだけの内部エネルギーを持っているかは、反応機構その他を理解する上で非常に重要な問題である。クラスターは量子力学的系としては複雑な系であり、その内部エネルギーを測定する方法も現在まだ厳密に確立しているとは言えない状況にある。著者が本研究において開発した測定法は、レーザー光による分光学的手法と並んで、今後一般的に使える手法として高く評価出来る。したがって本研究とその成果はクラスター物理学の進展に大きな貢献をなすものであり、博士論文に値するものと言える。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。