

1B08 イオン移動能法およびパルスアーク放電法を用いた、 ナノカーボン生成機構の探索

(名大物国セ¹・名大院理²) 菅井俊樹¹, 篠原久典²

【序】

フラーレンやカーボンナノチューブのようなナノカーボン物質は、その微細構造に由来する特異な性質を持ち、ナノサイエンス・テクノロジーのキーデバイスとなっている。これらのナノカーボン物質では、サイズや構造がそれらの物性に顕著に影響するため、それらの物質の生成機構の理解と構造制御法の開発が重要である。我々は、これまで、ナノカーボンの生成を制御できる高温パルスアーク放電法を開発し、新規2層ナノチューブ(図1)およびナノチューブ生成前駆体類を生成し、それらの生成過程が金属と炭素の蒸発と1~10ms程度の時間領域での熱緩和および、10ms~1s程度の成長過程によって生成することを示してきた[1-3]。これらのナノカーボンの生成中間体を調べるため、今回イオン移動能法を用いた測定システムを開発し、その生成機構の探索を試みた。今回は装置の製作と、動作確認を行った。

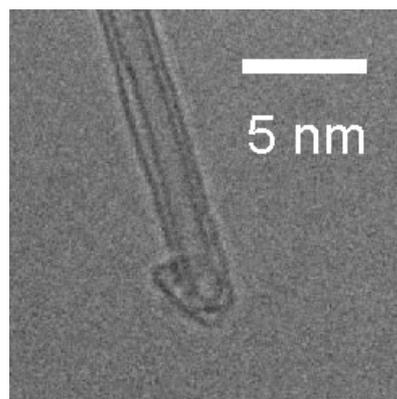


図1 2層ナノチューブ

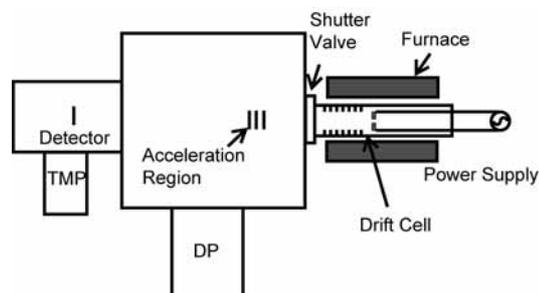


図2 イオン移動能測定システム

【実験】

イオン移動能法は、ArやHeなどのバッファーガス中に導入したイオンを静電場中で泳動させ、その泳動速度と質量を同時に測定することで、イオンの構造を測定する手法である[4]。1ms程度の時間分解能を持ち、高温で動作することなどから、カーボンナノチューブをはじめとするナノカーボンの生成前駆体の構造測定とその成長過程の探索に最適な手法の一つである。実際に金属内包フラーレンのレーザー蒸発時における構造変化をこの手法を用いて我々は示してきた[4]。図2に測定システムの概略を示す。装置はパルスアーク放電部、イオン移動セル、シャッターバルブ、および飛行時間型質量分析器で(TOF)構成されている。パルスアーク放電部では、1ms、100Aの電流を金属炭素混合電極間に放電させ、金属と炭素を蒸発熱緩和させ、ナノチューブ生成前駆体イオンを生成させた[1,2]。生成した生成前駆体イオンは、イオン移動セルに導入され、その大きさがセル中の移動速

度で調べられる。セル末端からシャッターバルブを通して、TOF に導入され、質量が同時に測定される。イオン移動能測定では、高压の気体を使用するほど分解能が上昇するが、質量分析に必要な真空システムと結合することが困難になる。従来の測定装置では、1気圧の He を用いる場合、直径 0.1mm の細孔を通し、質量分析を行っていた。このように、非常に小さな孔からイオンを質量分析計に導入するため、イオン強度が少なくなり、連続イオン源の測定に適している四重極質量

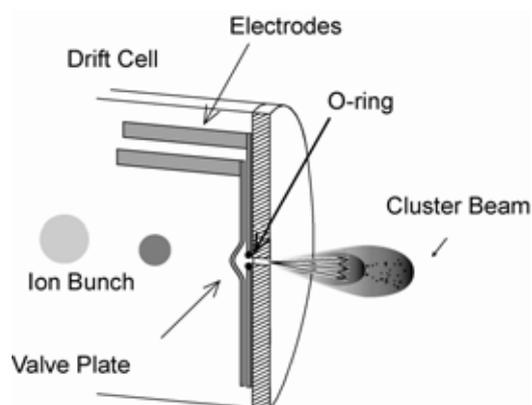


図3 シャッターバルブ

分析装置(Q-mass)を用いるしかなかった。Q-mass では、ナノチューブ生成前駆体など質量数が 10^4 を超えるような物質を測定することは困難であるため、今回の装置では直径 1mm のイオン導出孔を持つシャッターバルブを用いることで、イオン強度の改善と、TOF を用いた大質量生成前駆体の測定を可能にした。図3のようにシャッターバルブは Jordan 社の超高速分子線バルブと同様に、二枚の金属板に 5000 A 程度の大電流を流し、電磁力で二枚の金属板の間隔を広げ、気密シールを破り、パルス状に気体とイオンを排出するものである[5]。このバルブを動作させるために必要な大電流パルス電源は、電流導入をチャンバ外から行うため、市販のものよりも高い電圧と電流を供給するものを製作した。パルスアーク放電で生成したイオンが移動セルにどのように導入され、排出されるかを調べるため、pA メーターで各電極に流れるイオン電流を調べた。

【結果と考察】

パルスアーク放電幅 1 ms、放電周波数 1 Hz で平均 5 nA のイオン電流がイオン移動セルに流れた。また、シャッターバルブの気密シールまで到達したイオン電流は平均 5 pA であり、TOF 信号として毎回 5000 個以上のイオンを検出できることがわかった。放出されるガス量も Jordan 社の超高速分子船バルブと同等であり、バルブのイオン透過率向上を図ることで十分測定可能であることがわかった。

【参考文献】

- [1] T. Sugai et al. *J. Chem. Phys.* **112**, 6000 (2000).
- [2] T. Sugai et al. *Nano Lett.* **3**, 769 (2003).
- [3] Geohegan et al, *Appl. Phys. Lett.* **78**, 3307 (2001).
- [4] T. Sugai et al., *J. Am. Chem. Soc.* **123**, 6427 (2001).
- [5] W. R. Gentry and C. F. Geise, *Rev Sci. Instr.*, **49**, 595 (1978)