

# 鉄内包フラーレン合成実験のためのフラーレンイオンビーム生成最適化

Optimization of Fullerene Ion Beam Generation for Iron Endohedral Fullerene Synthesis on ECRIS

阪大院工<sup>1</sup>, 放医研<sup>2</sup>, 東洋大<sup>3</sup>, ○大和田一誠<sup>1</sup>, 久保渉<sup>1</sup>, 針崎修平<sup>1</sup>, 佐藤滉一<sup>1</sup>, 津田知輝<sup>1</sup>,  
北川敦志<sup>2</sup>, 村松正幸<sup>2</sup>, 吉田善一<sup>3</sup>, 加藤裕史<sup>1</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, NIRS<sup>2</sup>, Toyo Univ.<sup>3</sup> I. Owada<sup>1</sup>, W. Kubo<sup>1</sup>, S. Harisaki<sup>1</sup>, K. Sato<sup>1</sup>,  
K. Tsuda<sup>1</sup>, M. Muramatsu<sup>2</sup>, A. Kitagawa<sup>2</sup>, Y. Yoshida<sup>3</sup>, and Y. Kato<sup>1</sup>

E-mail: owada@nf.eie.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】近年、電子サイクロトロン共鳴イオン源(Electron cyclotron resonance ion sources: ECRIS)が多岐にわたる分野で応用されている。我々は高感度な造影剤としての利用が期待されている、鉄内包フラーレン(Fe@C<sub>60</sub>)の気相中での合成を目指している[1]。本研究グループでは C<sub>60</sub><sup>+</sup>付近の Fe@C<sub>60</sub><sup>+</sup>をはじめとする原子内包フラーレン対応スペクトルのビーム電流量に注目しているが、C<sub>60</sub><sup>2+</sup>, C<sub>60</sub><sup>3+</sup>の多価イオンビーム電流や、フラーレン解離スペクトル(C<sub>60-2n</sub><sup>q+</sup>)が多くみられている。現在の実験系で主に用いてきたマグネトロンに加え、本研究では無線機をマイクロ波源として用いて低パワーのマイクロ波導入を行い、C<sub>60</sub><sup>+</sup>が支配的なフラーレンイオンビーム生成を目標とする実験を行った。さらに、無線機でのマイクロ波導入最適化のためのアンテナ改良を行った。

【実験方法】今回実験を行った ECRIS の概略(上面図)を Fig. 1(a)に示す。この ECRIS は直径 160mm, 長さ 1054mm の円筒型真空容器, 八極磁場を形成する 4つの永久磁石, 2つの大型ミラーコイル A, B および共鳴領域制御のための補助コイル C にて構成される。コイル A, B, C に流れる電流をそれぞれ I<sub>A</sub>, I<sub>B</sub>, I<sub>C</sub> とする。真空容器の中心を原点として円筒の中心軸を z 軸, 鉛直上方を y 軸ととる。フラーレンのろつばは z=175mm の側面に設置されている。2.45GHz のマイクロ波がそれぞれマグネトロンと無線機から生成され, それぞれ z=175mm の位置から同軸導波管窓よりロッドアンテナで, z=300mm の位置から Fig. 1(b)に示すロッドアンテナを通して導入される。z 軸上に設置されたプレートチューナーを z=-355~-215mm の範囲で調整することでマイクロ波導入を最適化することができる。サポートガスは主に Ar である。2kV の引き出し電圧で引き出された C<sub>60</sub> イオンビームは分析磁石で質量電荷比(m/q)により分離でき, 質量価数分布を取得した。本実験では鉄イオン導入は行っていない。さらに, ECRIS 本体を模擬したテストチャンバーでの電界強度計測によって, 無線機でのマイクロ波導入最適化のためのロッドアンテナ形状改良を行った。

【実験結果】異なるマイクロ波源を用いたアンテナ最適化途上の典型的なビーム電流量比率 ( $I_{C_{60}^{q+}} / \sum_{q=1}^3 I_{C_{60}^{q+}}$ ) を Fig. 2 に示す。白丸と黒丸のプロットはそれぞれマグネトロンと無線機でマイクロ波導入を行った際のフラーレン 1 価~3 価のビーム電流量比率であり, それぞれの入力電力は 5W, 0.8W でプラズマ生成した。無線機でのマイクロ波導入により C<sub>60</sub><sup>2+</sup>, C<sub>60</sub><sup>3+</sup> と比較して C<sub>60</sub><sup>+</sup> のビーム電流量割合が高まっている。また, Fig. 3 に示すようにフラーレン解離スペクトル(C<sub>60-2n</sub><sup>q+</sup>)も減少する傾向にあり Fe@C<sub>60</sub> 合成実験に適していると考えられる。

[1] T. Uchida et al, Rev. Sci. Instrum. 87, 02A720(2016)

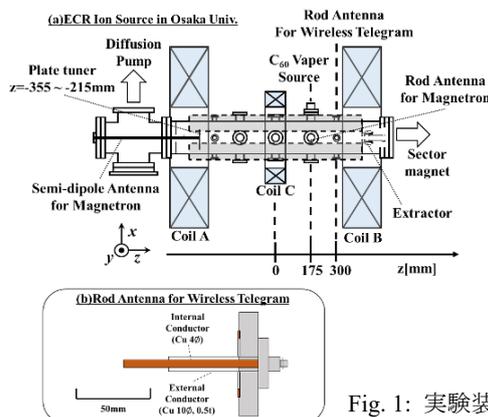


Fig. 1: 実験装置図

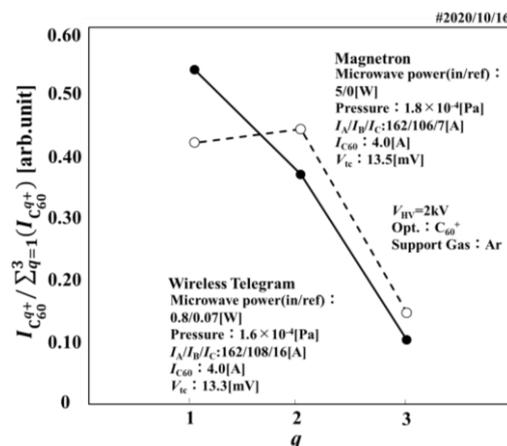


Fig. 2: 異なるマイクロ波源を用いた C<sub>60</sub><sup>q+</sup> ビーム電流量比率

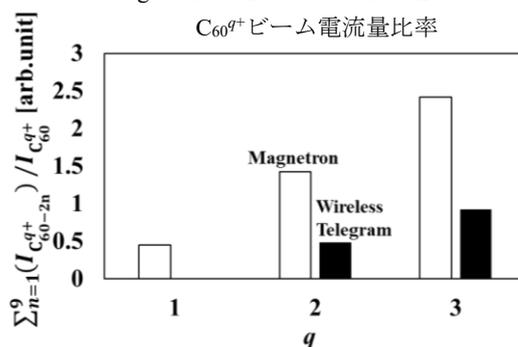


Fig. 3: 異なるマイクロ波源を用いた C<sub>60</sub><sup>q+</sup> ビーム解離スペクトル比率