

# 制御プラズマ法による金属・ガス原子内包フラーレンの創製

研究成果活用プラザ宮城における育成研究 平成 14 年度採択課題  
「ナノエレクトロニクス対応新規炭素クラスター創製」



代表研究者：東北大学 大学院工学研究科 教授 畠山力三

本研究においては、太陽電池、有機EL、二次電池、磁性半導体、量子コンピュータ等に応用が期待されている金属内包フラーレン、ガス原子（窒素）内包フラーレンに代表される新規ナノクラスターを画期的プラズマ技術の導入によって、初めて高収率で多量合成しその物性の評価を実施した。

## ■ 研究内容、研究成果

これまで、フラーレンの中で最も形成量が多く、形状対称性と安定性に優れた  $C_{60}$  への原子内包に関しては、 $C_{60}$  形成途中で内包させるアーク放電法、 $C_{60}$  と内包対象原子を接触させる気体放電法、及び非中性イオンビームを  $C_{60}$  に照射する方法によって実現できることが報告されている。本育成研究では、 $C_{60}$  へのイオン衝突エネルギーを制御することによる内包フラーレンの高収率化の長所を有し、かつ大量創製に適している『制御プラズマ法』を提案し、それを確立すべく研究を実施した。この新しい手法では、合成空間を大容量化できると共に、内包対象イオンはプラズマ中の電子と共に中性化されて輸送されるため、空間電荷制限を受けずにイオン流の大電流化が可能で、しかも広範囲にわたるイオン衝突エネルギーの精密制御が可能である。

内包対象原子として窒素を選択し実験を行った結果、従来の合成法に比べて窒素内包フラーレンを含むフラーレン混合物の合成量を 2 桁程度増加させることに成功した。さらに、衝突するイオンのエネルギーを制御することによって、内包フラーレンのみならず炭素原子の一つが衝突イオンと置き換わったヘテロフラーレンなどの異なるフラーレン複合物質を分離して合成できることを初めて実証した。これらの合成試料を高速液体クロマトグラフィーを用いて精製し、内包フラーレンのみを濃縮することによって、純度が数 10% である高純度窒素内包フラーレンを得ることに成功した。その物性評価を実施したところ、飛行時間型質量分析器により窒素内包フラーレンに相当する質量スペクトルが観測され、また、電子スピン共鳴測定により、フラーレンの内部で安定に存在できる窒素原子に相当する信号が得られた結果、窒素内包フラーレンの存在が確かめられたので、本研究における制御プラズマ法が内包フラーレン大量創製法として確立したといえる。

## ■ 今後の展開、将来の展望

事業化の必須要件である合成時の純度向上を目標として、プラズマ中の電子温度、イオン温度及びエネルギー、プラズマ密度を精密に制御できるソフトプラズマプロセス装置の開発に着手し、金属・窒素内包フラーレン合成時の純度向上を目指した実験を行う。一方で、制御プラズマ法を用いた窒素内包フラーレン合成実験を継続し、連続多量合成・精製を行い、窒素内包フラーレンの評価・分析のための試料を作製する。内包フラーレンの合成技術については、(株)イデアルスターが核となり、研究開発を進めていく。基礎物性については、東北大学、静岡大学、宮城県産業技術総合センターなどの公的な研究機関と共同で研究開発を進めていく。さらに、東北大学工学研究科に平成 17 年 9 月 1 日に発足した先端学術融合工学研究機構研究プロジェクト(スーパーアトムプロジェクト)により、東北大学工学研究科技術部の協力を得て、最先端の測定技術による内包フラーレンの評価・分析を行い、大量創製・事業化へ向けた研究を加速・展開する。

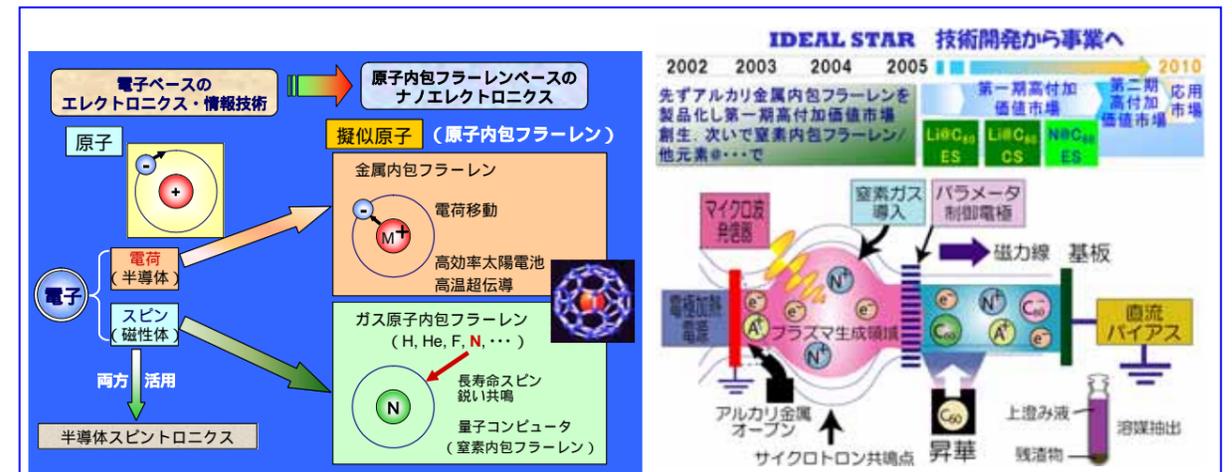


図1 金属内包及びガス原子内包フラーレンの新規性と先駆的応用

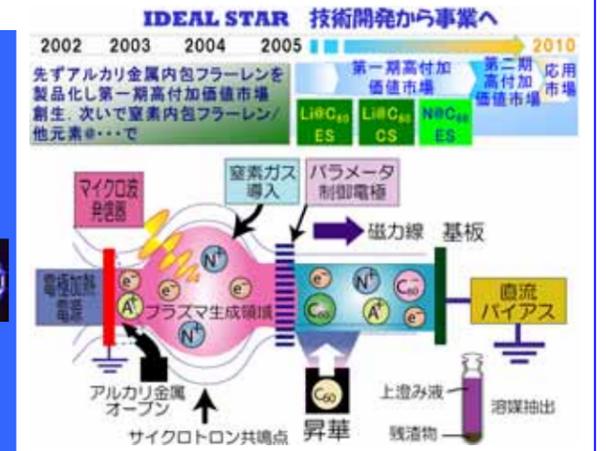


図2 事業化マイルストーンと原子内包フラーレン創製用制御プラズマ装置模式図

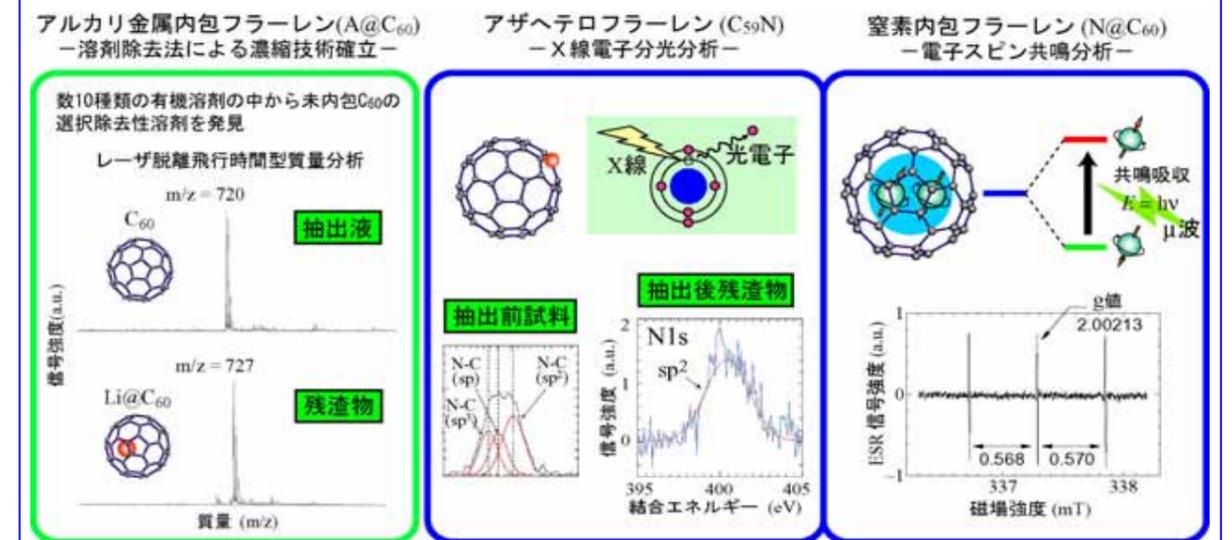


図3 アルカリ金属内包フラーレンの分離・精製における課題克服

図4 窒素内包フラーレン(右)及びヘテロフラーレン(左)の多量合成の検証

## ■ 研究体制

- ◆ **代表研究者**  
東北大学 大学院工学研究科 教授 畠山力三
- ◆ **研究者**  
金子俊郎 (東北大学) 平田孝道 (武蔵工業大学) 大原渡 (東北大学)  
佐藤玄太 (科学技術振興機構) 藤本加代子 (科学技術振興機構)  
笠間泰彦 (株)イデアルスター) 表研次 (株)イデアルスター)
- ◆ **共同研究機関**  
東北大学  
株式会社 イデアルスター

## ■ 研究期間

平成 15 年 2 月 ~ 平成 17 年 9 月