

Production Processes of Novel Carbon Nano-Materials 新炭素物質創製プロセス

プロジェクトリーダー 篠原久典

名古屋大学

物質科学国際研究センター 教授

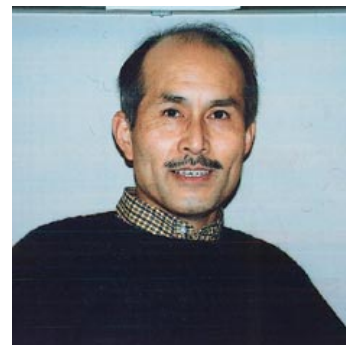


図1. 研究室にノーベル化学賞受賞者ハロルド・クロトー教授を迎えて

1. 研究の目的

人類の福祉にかかわる優れた物質の創製と制御された生成プロセスの探索は、21世紀をまじかにひかえ、急務の課題になっている。このような時代の要請を背景に、本プロジェクトでは、金属内包フラーレンと炭素ナノチューブを中心とする新炭素系ナノ集合体を、サイズと個数を制御した条件下で、創製・探索する。炭素ナノ集合体は、その構造、電子状態、物性などの物理化学的な基礎研究の大きなテーマであると共に、材料科学的な応用へも重要な可能性を秘めている物質である。これらの新炭素系物質は、その特異な構造を反映して、従来の炭素材料にない多様な優れた化学的、電気的あるいは材料特性を有しており、これを高度な化学変換プロセスの素材として利用することは、産業・社会に与える波及効果が非常に大きいと考えられる。

また、かご状構造をもつ安定巨大炭素分子や、サイズ・形状が単一のチューブ状炭素物質等の新規炭素物質群に対し、効率的かつ高選択的作成法など、新しい化学プロセスを開拓し、機械的強度あるいは電子的・磁氣的に特異的な新規性を発現する新規炭素物質系を創製することを目的とする。こうした研究はナノサイズ領域の新材料創製や、化学反応プロセスの高効率化、高精度化という、21世紀の物質科学の展開に必要な不可欠な知見に対し、重要な情報をもたらすとともに、その学術的意義はきわめて高い。

特異なナノ構造を有する新規炭素物質の創製が、材料科学などの学問分野の発展はもとより、関連の材料化学産業などに与える意義と波及効果は計り知れない。

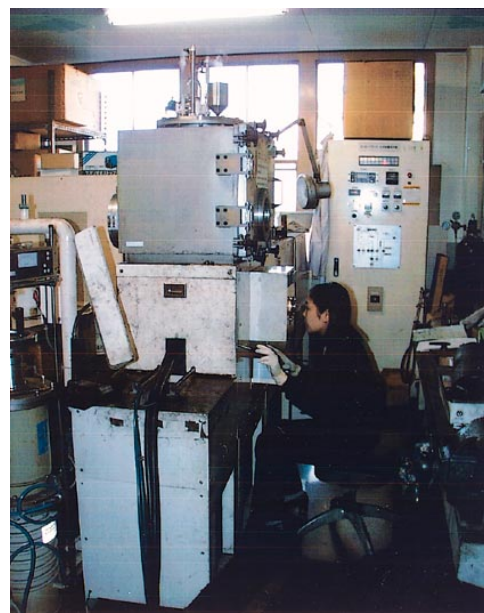


図2. 大型金属内包フラーレン生成装置

2. 研究の内容

本プロジェクトは、金属内包フラーレン、巨大フラーレンと炭素ナノチューブを中心とする新炭素系ナノ集合体のサイズを制御した条件下での創製と探索を目指している。これらの新炭素系物質は、その特異な構造を反映して、従来の炭素材料にない多様な優れた化学的、電気的あるいは材料特性を有している。以下に、本プロジェクト「新炭素物質創製プロセス」の主な内容を箇条書きにする。

(1) 金属内包フラーレンの高収率生成法の開発：

金属内包フラーレンの研究では、その高収率の生成法の開発は急務の課題になっている。われわれは、金属内包フラーレンを生成するための原材料である金属・炭素混合ロッドに着目した。その結果、金属炭素結合すなわち金属カーバイド結合をもった混合ロッドをアーク放電すると、通常の混合ロッドの場合と比較して、金属内包フラーレンの生成率が3～6倍に増大することを発見した（特許申請中）。 $\text{Sc}_2@\text{C}_{84}$ の場合はおよそ10倍の生成効率であった。現在、さらに高効率の内包フラーレンの生成効率のための、混合ロッドの開発も推進している。

(2) 金属内包フラーレンの分離・精製法の確立：

名古屋大学および都立大グループが1992年に、世界に先駆けて金属内包フラーレンの分離・単離に成功して以来、金属内包フラーレンの精製法の開発はおもに日本の幾つかの研究グループによって行われてきた。本研究では、さらにコストパフォーマンスの良い金属内包フラーレンの分離・精製法の開発に成功した。具体的には、リサイクル機能を有する高速液体クロマトグラフィー（HPLC）と、各種のフラーレン分離専用新たに開発されたカラム固定相（Buckyclutter, Buckyprep, 5PYE, PBB）を相補的に使用することにより、高効率の分離・精製が行われた。これにより本プロジェクトの初年度だけで、Ca, Sr, Baなどの2族の金属内包フラーレンを中心に15種類が新たに分離・単離された。

(3) 巨大フラーレンの生成と構造の解明：

C_{100} を超える巨大フラーレンの生成と構造の解明を行っている。巨大フラーレンと炭素ナノチューブの高収率生成の開発はこれらの大きな応用を考えると、フラーレン科学において急務の課題である。電子物性巨大フラーレンのもつ最大の特徴は、サイズは同じでも、5員環、6員環ネットワークの違いから発生する膨大な種類の構造異性体の存在である。例えば、 C_{60} フラーレンの2倍サイズである C_{120} 巨大フラーレンではIPRを満たす異性体だけで、10,000を超す種類になる。こうした異性体は幾何学的構造の違いはもちろんの事、その電子物性も大きく変化することが予想されている。したがって、興味ある物性や構造を有する特定サイズのフラーレンや異性体を選択的かつ高効率の生成する手段の開発はきわめて重要な意味をもつ。

(4) 単層ナノチューブの精製法の開発：

単層ナノチューブ（SWNT: Single-Wall Carbon Nanotube）は新規の炭素材料として大きな注目を浴びているが、いまだその精製法は確立していない。現在までに、Y/Ni 触媒系炭素混合ロッドの直流アーク放電を用いて生成したSWNT（SWNT束の平均直径が300 Å）の精製法の開発を行い、その結果、環流法、焼成法、酸処理法を組み合わせることにより、80%程度の精製に成功した。現在はさらに、これをベースにさらに高純度のSWNTを得ることができる精製を行い、SWNTのバルクの物性・材料特性を明らかにする。

3. 研究の体制等

期 間：1997年7月～2002年3月

構 成：プロジェクトリーダー：篠原久典（名古屋大学・大学院理学研究科・教授）コアメンバー：阿知波洋次（東京都立大学・大学院理学研究科・教授）研究協力者：6名（内外国人ポスドク2名）

実施場所：名古屋大学物質科学国際研究センターおよび理学研究科

名古屋市千種区不老町

東京都立大学大学院理学研究科

八王子市南大沢1の1

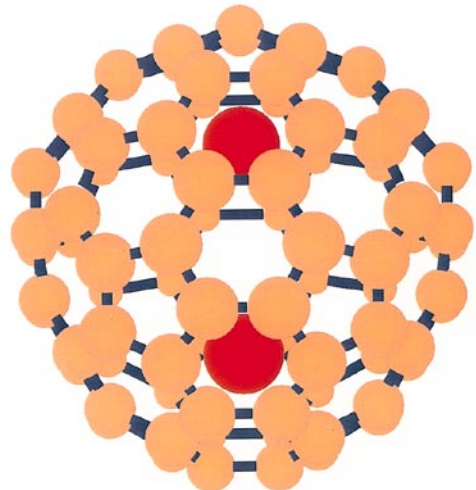


図3. 2個のスカンジウム原子を内包した C_{84} フラーレン

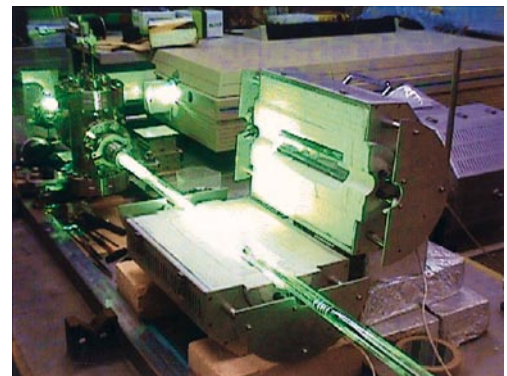


図4. 単層カーボンナノチューブ生成のレーザー・ファーン装置

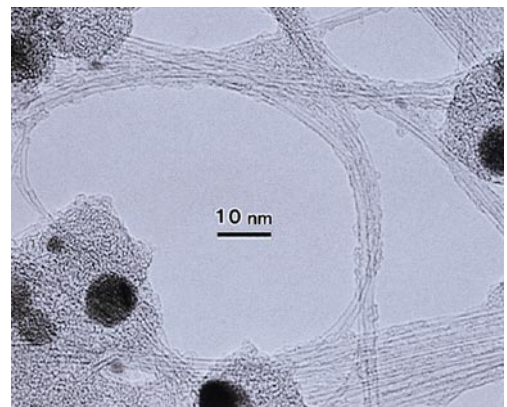


図5. 単層カーボンナノチューブの高分解能電子顕微鏡写真