

## 【特別推進研究】

### 理工系



#### 研究課題名 未踏分子ナノカーボンの創製

名古屋大学・トランスフォーマティブ生命分子研究所・拠点長 **伊丹 健一郎** いたみ けんいちろう

研究課題番号： 19H05463 研究者番号：80311728

キーワード： 拡張 $\pi$ 電子系化合物、有機機能物質、選択的合成、超分子、ケミカルバイオロジー

#### 【研究の背景・目的】

ナノカーボンは機能の宝庫である。基本ユニットであるベンゼンがユニークな幾何学的配置で連結したナノカーボンは、電気を流す、光を出し入れする、磁力を出す、物質を取り込むなどの魅力あふれる物性を示し、次世代マテリアルズサイエンスの主演となっている。その美しい構造体の発見はノーベル賞の対象(1996年フラーレン、2010年グラフェン)にもなり、またその破格の物性は理論化から実用化を指向した企業研究者まで、多くの科学者を魅了している。さらにナノカーボンは人工皮膚・神経など生体への応用、人工細胞・ウイルスなどのシンセティックバイオロジーやバイオイメージングへの展開も期待できる物質群である。理論的に予想されている未発見・未合成の新奇ナノカーボンもあり、基礎と応用の両面から今後さらなる発展が望まれている分野である。しかしながら、多くのナノカーボンが「構造的に純粋な分子」として未だに取り扱えていない現実があり、これがナノカーボンの分子科学的な理解・発展・応用を妨げている。これまで本申請者はナノカーボンを分子として自在に合成・活用すべく、有機合成化学と分子触媒化学のエッセンスをもちこんだ「分子ナノカーボン」の研究を遂行してきた。本研究では、培ってきた分子ナノカーボン合成技術を用いて、従来の有機合成化学のスケールを超えたナノカーボン構造の精密構築を行う。

#### 【研究の方法】

カーボンナノチューブ、グラフェンナノリボン、3次元ナノカーボンネットワークに対して、分子ナノカーボンを起点とした精密構造構築を成功させる。以下に概要を記す。

##### 1. カーボンナノベルトの自在合成及びCNT精密合成

世界最先端のシーズ技術である「カーボンナノベルト合成」を活かし、CNT構造の自在合成法へと昇華させる。有機合成化学的手法による長いナノベルト構造構築と、CVD法のテンプレートにカーボンナノベルトを用いたCNT伸長を行う。

##### 2. グラフェンナノリボンの構造一義的合成

本申請者が開発した「リビングAPEX重合」を基盤技術として、長さやエッジ構造を制御したグラフェンナノリボンの系統的合成を行う。開始剤を基板上に担持させたのちに成長させることで、ナノリボンを電子回路として直接使用する応用展開につなげる。

##### 3. 3次元ナノカーボンネットワーク構造の構築

Mackay結晶を代表とする3次元ナノカーボンは、未だ合理的合成法の提案すらされていない。本研究で

は分子ナノカーボンを構成単位とすることで、複雑な湾曲構造をもつ3次元ナノカーボンのボトムアップ合成を行う。

##### 4. 分子ナノカーボン合成を加速させる新合成法開発

上記の研究は既存の合成手法だけでは到達不可能であるため、新規合成法開発を並行して行うことで、課題解決を加速させる。具体的には、複数の炭素炭素結合を同時に生成する新たなAPEX反応が必要であり、これを開発する。

##### 5. 新規分子ナノカーボンの未知の応用を探る網羅的探索研究

本研究によって始めて合成される様々な分子ナノカーボン類は、電子物性や生物活性の面においても特異な有機分子であると予想される。これらの物性を応用につなげるため、広範囲に渡る応用探索を実施する。

#### 【期待される成果と意義】

不可能を可能にする基礎研究は、新しい研究領域や潮流を生み出すのみならず、社会的・産業的インパクトをもたらす。「分子ナノカーボン」の概念は、すでに社会波及効果が見え始めているナノカーボン科学に新しい価値と創造を与えるだろう。そして、画期的な分子ナノカーボンマテリアルの創製は産業界に多大なインパクトを及ぼす。

また、本研究により、分子合成のための新しい方法論と技術が開発される。合成技術は分子ナノカーボンのみならず生物活性分子やデバイス材料分子の迅速合成へと容易に応用される。従って、分子が関わる化学・物理・生物関連の分野に対して大きなブレークスルーをもたらすと期待できる。化学産業・エレクトロニクス産業および医農薬分野などでのイノベーションが期待される。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・Povie, G.; \*Segawa, Y.; Nishihara, T.; Miyauchi, Y.; \*Itami, K. Synthesis of a carbon nanobelt, *Science* **2017**, 356, 172–175.

・Koga, Y.; Kaneda, T.; Saito, Y.; \*Murakami, K., \*Itami, K. Synthesis of partially and fully fused polyaromatics by annulative chlorophenylene dimerization, *Science* **2018**, 359, 435–439.

#### 【研究期間と研究経費】

令和元年度—令和5年度 491,500千円

#### 【ホームページ等】

<http://synth.chem.nagoya-u.ac.jp>