

訪問日 2017年9月25日

京都大学 化学研究所 材料機能化学研究系 高分子制御合成領域 茅原 栄一 助教

研究題名：シクロパラフェニレンの直接的官能基化に基づく新しい環状 n 共役分子の合成

研究紹介文にもとづき、助成対象となったご研究の詳細を伺いました（図1）。以下は主な質疑応答です。

ご研究を始めた契機はなんですか？

有機分子のエレクトロニクス技術への応用は、分子設計や機能制御の多様性のため、現在のシリコンを中心とした無機半導体材料とは異なる用途が拓けることが期待されています。そのような材料の主役を担っているのが、 n 共役系分子であり、それぞれの目的に応じて多種多様な小分子、高分子が設計、合成されています。しかし、それらの多くは平面状の構造をもつ分子であると共に、有用な構造は限られてきています。一方、非平面、曲面構造を有するフラレン（図 2a）やカーボンナノチューブ（図 2b）は新しい n 共役分子群であり、その発見以来、学術的および産業への利用の視点から広く研究が展開されています。しかし、それら曲面状 n 共役分子の合成は、物理的手法によるため、その構造と電子状態の多様性は大きく制限されているとともに、一部のサンプルを除き、明確な分子構造を持つ分子の供給は不可能です。

その問題解決のために、近年、有機合成手法を駆使し、ボトムアップ的に曲面状 n 共役分子を合成する研究が大きな注目を集めています。中でも、最近、フラレンやアームチェアカーボンナノチューブの環状構成単位となるシクロパラフェニレン（CPP、図 2c）とよばれる化合物が合成できるようになり、世界中での活発な研究により、CPP をはじめとした曲面状の n 共役分子の化学合成やその物性解明が飛躍的に進んでいます。しかし、合成可能なサンプル量が限られており、それら分子を材料科学分野で利用する大きなネックとなっていました。これらの問題を解決するとともに、合成に始まり、構造解析、物性測定といった従来の物理有機化学研究の枠を超えたアプローチをすべく研究を進めています。

ご研究の独創性を改めてお伺いします

有機合成により得られる環状、曲面状 n 共役系分子は、原理的には合成の自由度が高く、構造や物性の制御の自由度も高いと考えられ、それを実証することは重要です。しかし、既存の合成法は、分子設計の自由度の低さ、反応条件の過酷さなど、問題を抱えており、有機合成の利点を十分に生かし切れていない状況にありました。一方で、我々は、独自の合成戦略により CPP の実用的な合成法の開発に成功し、市販の試薬から短工程かつグラムスケールで CPP を合成することが可能になりました（図 3 左）。さらに、産学連携研究により、興味深い物性を持つ一部の CPP に関しては市販化することに成功しており、我々の合成法は材料科学分野での波及効果の高い物質供給法として極めて有用です。

さらに、CPP の有機材料としての利用や機能開拓を行う上では、CPP 母骨格への官能基の導入や環状構造の更なる修飾による新しい環状 n 共役系分子の創出が、今後極めて重要です。しかし、従

来では、既存の CPP の合成経路に基づき、導入したい官能基を出発原料まで遡って導入する必要があることから、その合成効率は必ずしも高くありませんでした。そこで、CPP のサンプル量におけるアドバンテージを利用し、最近では、本助成の研究にも関係した、CPP を出発原料とした官能基化による様々な官能基を持つ誘導体や新しい n 共役分子を合成するといった研究も進めています(図 3 右)。既存の合成法に捉われない、CPP に対する反応設計・反応開発をしていくことで、新しい環状、曲面状 n 共役分子の効率的多様性創出が可能になると考えています。しかし、単に作るだけではなく、明確な標的を定め、学術的、社会的要請に応えることが出来る合成法を開発するとともに、目的志向の独自の「モノづくり」を進めていきたいと考えています。

研究者を志したきっかけを教えてください

幼少期、実家の近くにゆかりがある野口英世の伝記を読んだことがきっかけです。医学の道に進むことを考えていましたが、人の命を扱うことの責任の大きさに少し消極的になってしまいました。一方で、高校で化学の面白さを感じるようになり、漠然ではありますが化学の道に進みました。大学に残って研究を続けているのは全く想定外ですが。

研究活動の面白さは何ですか？

分からないことが分かるようになること、これまでに出来なかったことが出来るようになることだと思います。実際の実験では失敗の連続ですが、そのような失敗の積み重ねるとともに、時折出会う思いもかけず起こることを紐解いていくことで、新しいことが創造できる点も面白さとしてあげられると思います。

後進の方に伝えたいことは何ですか？

研究には地道な作業も多く、一歩間違えばマンネリ化してしまいます。いろいろな刺激を受け、常にフレッシュな状態で研究を進めることが大切だと考えています。さらに、研究は生きているものですので、今進めている価値ある研究でも、数か月後、1 年後に同じ価値があるとは限りません。自分の専門の最新動向はもちろんのこと、色々な方向に常にアンテナを張っておくことも重要だと思っています。

後記

茅原栄一先生が所属されている京都大学・化学研究所では、所内の研究室間の交流が活発だということです。異分野の研究者との会話に触発され新しいアイデアが生まれたり、共同研究が活発に行われていると伺いました。茅原先生のご研究が早期に実り、優れた有機材料が、世の中に出ることを期待しています。

(技術部長 鳥越昭彦)



図 1: 真ん中が茅原栄一先生

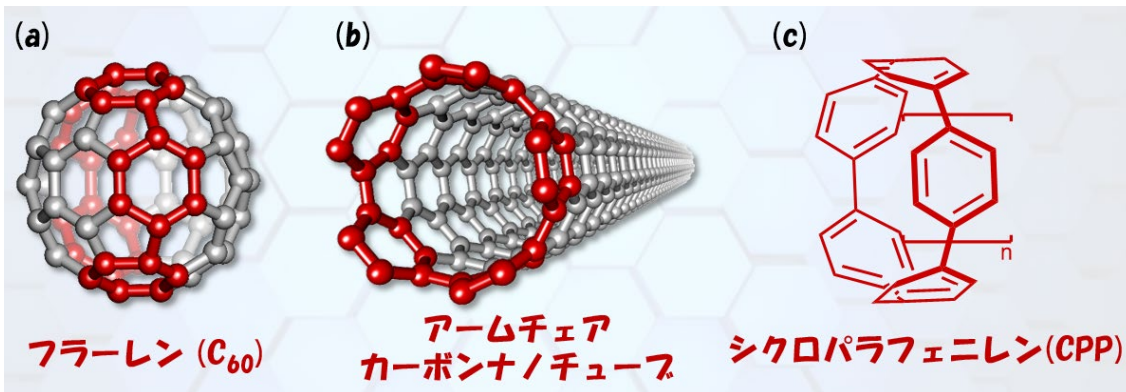


図 2: 曲面状π共役分子の構造

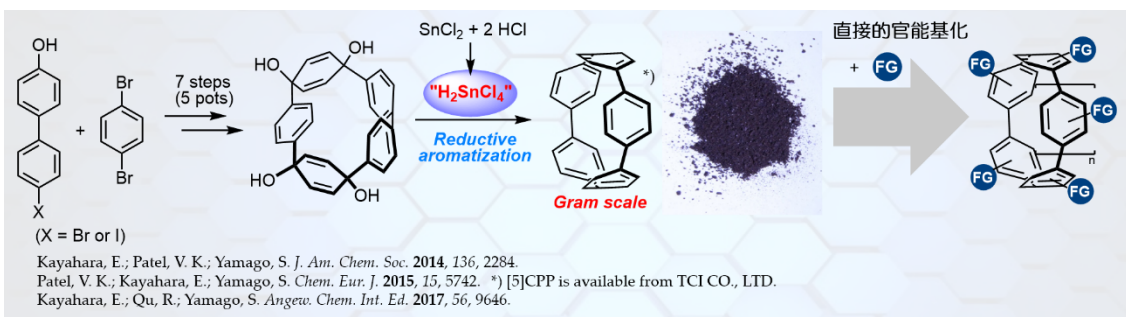


図 3: CPP の実用的な合成法と CPP を出発原料とした官能基化