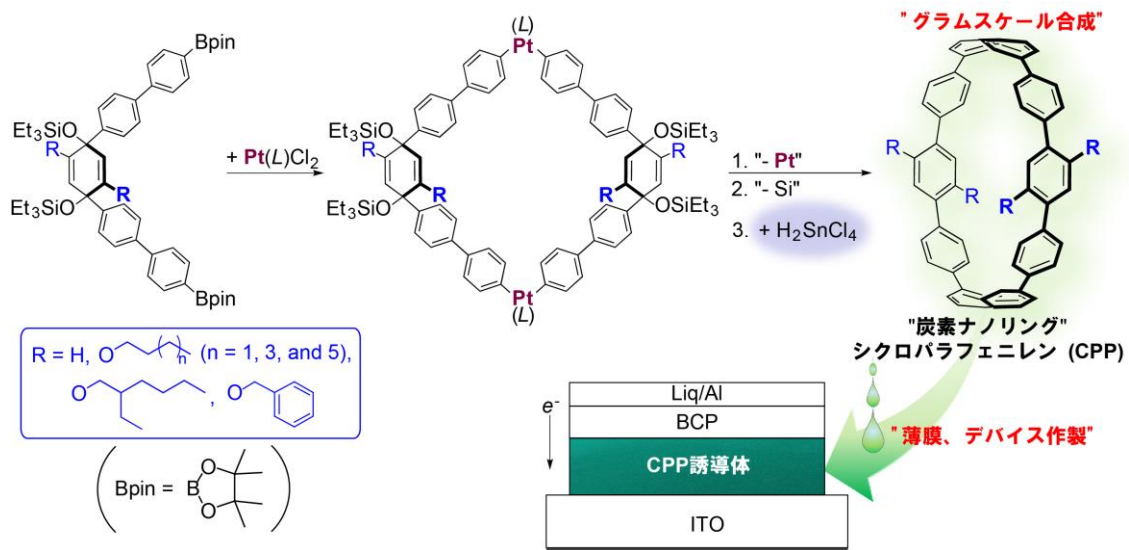


“炭素ナノリング”の大量合成と有機デバイス素子の作製に成功

概要

京都大学 化学研究所の山子茂教授、梶弘典教授らの研究グループは、炭素原子と水素原子 6 つずつが互いに結合し、正六角形を成した「ベンゼン環」をリング状につなげた“炭素ナノリング”の大量合成に成功しました。また、この“炭素ナノリング”の薄膜が、スムーズに電子を流す性質を持つことも発見しました。現在、有機半導体材料を用いた太陽電池である有機薄膜太陽電池などでは、電子を受け取る化合物にフラレーン誘導体 が用いられていますが、今回合成した“炭素ナノリング”は同じくらい電子を流すため、有機ナノエレクトロニクスの材料として有望だと考えられます。



ベンゼン環をリング状につなげたシクロパラフェニレン (以下、CPP)を代表とする“炭素ナノリング”は、カーボンナノチューブやフラレーンの最小構成単位であり、次世代の有機電子材料として興味が集まっています。ここ数年で本研究グループをはじめとする世界中での活発な研究により、“炭素ナノリング”の化学合成やその物性解明が飛躍的に進んだこともあり、材料科学への展開には大きな期待が寄せられています。しかし、大量合成が困難なため有機デバイス材料として応用したとの報告はありませんでした。

今回の研究では、独自の合成手法を用いることで、市販の試薬から比較的簡便に 10 個のベンゼン環からなる CPP とその誘導体(CPP 上の一部の水素原子を官能基で置換したもの)をグラム単位で合成することに成功しました。さらに、得られた化合物は有機溶媒によく溶けるため、これまで困難であった“炭素ナノリング”の非晶薄膜およびデバイス作製が初めて可能となりました。薄膜の性質を測定したところ、有機薄膜太陽電池の電子を受け取る化合物として用いられているフラレーン誘導体と同じくらい電子を流すことが明らかになりました。“炭素ナノリング”はフラレーン類に比べて自由な分子設計が可能という利点もあります。今回の結果は、有機ナノエレクトロニクス分野をはじめとする材料開発に大きな波及効果を与えると期待されます。

研究成果は、米国化学会誌 *Journal of the American Chemical Society* オンライン速報版に公開されました。

1. 背景

ベンゼン環をリング状につなげたシクロパラフェニレン (CPP)を代表とする“炭素ナノリング”は、アームチエア型カーボンナノチューブやフラーレンの最小構成単位です。特徴的な構造と電子状態を持つため、有機電子材料への応用や構造の明確なカーボンナノチューブ合成の種となることが期待されている化合物です。ここ数年で、化学的な合成法が確立されたのを契機として研究が飛躍的に発展しています。材料としての展開にも大きな期待が寄せられつつありますが、未だに CPP のサンプル供給量には限りがあり、有機デバイス材料として応用した報告例はこれまでにありませんでした。

2. 研究手法・成果

本研究グループは、これまでに 2 つの CPP の効率的化学合成法の開発に成功しています。一つはベンゼン単位と白金錯体の組織化による環状の白金錯体を合成した後に、白金を除去することで、CPP を合成する方法です。もう一つは、シクロヘキサジエンジオールと呼ばれるベンゼン環に変換できるユニットを含む化合物をスズ錯体によって変換（芳香族化）することで CPP を合成する方法です。

今回は、これら 2 つの合成法を融合させた合成経路により、10 個のベンゼン環からなる[10]CPP とその誘導体を合成することに成功しました。特に、市販の試薬から短工程でグラム単位の CPP を合成できた点が特徴です。

合成した“炭素ナノリング”の基礎的な物性測定を行った結果、いくつかの誘導体は極めて有機溶媒に溶けやすく、有機材料として取り扱いが容易であることを発見しました。また、CPP とその誘導体を用いた有機薄膜およびデバイス作製にも初めて成功しました。さらには、薄膜状態において、有機薄膜太陽電池の有機電子受容体として汎用されているフラーレン誘導体にも匹敵する電子輸送特性(あるいは電子移動度)を示すこともわかりました。これは“炭素ナノリング”が有機エレクトロニクス材料の鍵分子となる可能性を示しています。

3. 波及効果、今後の予定

今回の合成法はこれまでになく大量の“炭素ナノリング”を作れるため、材料科学分野での波及効果が高い物質供給法です。さらに、様々な誘導体の合成も行える汎用性の高い方法であるため、分子設計に基づく物性制御や機能向上が可能になると期待されます。本研究により、“炭素ナノリング”を材料科学へと展開する突破口が開けました。今後、デバイス作製と評価によって得られた知見を、“炭素ナノリング”の分子設計にフィードバックしていくことにより、新しい有機電子材料の創製が可能になると期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、日本科学振興機構科学研究費補助金(6H06352、26410043)の支援を受けました。

<論文タイトルと著者>

タイトル : Gram-Scale Syntheses and Conductivities of [10]Cycloparaphenylene and Its Tetraalkoxy Derivatives

著者 : Eiichi Kayahara, Liansheng Sun, Hiroaki Onishi, Katsuaki Suzuki, Tatsuya Fukushima, Ayaka Sawada, Hironori Kaji, and Shigeru Yamago

掲載誌 : *Journal of the American Chemical Society*