



岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 3 年 5 月 27 日

岡 山 大 学

分子の形で有機物半導体の高性能化に成功

◆発表のポイント

- ・光化学反応を使って、フェナセン⁽²⁾とアセン⁽¹⁾のハイブリッド構造を持つ多環状芳香族化合物を簡単に合成しました。
- ・合成したハイブリッド分子の単結晶を使って高い性能を持つ有機電界効果型トランジスタを製作することに成功しました。
- ・ハイブリッド分子の形（対称性）が有機電界効果型トランジスタの性能に影響することを発見しました。

岡山大学異分野基礎科学研究所の江口律子助教、久保園芳博教授、及び同大学学術研究院自然科学学域（理）の岡本秀毅准教授等の研究グループは、分子中にベンゼン環がジグザグにつながる「フェナセン」と直線的につながる「アセン」の構造を融合させたハイブリッド型分子であるジベンゾ[n]フェナセン⁽³⁾ ($n = 5-7$)を、光化学反応を利用して簡単に合成しました。これらの物質の単結晶を使った有機電界効果トランジスタで高い電界効果移動度⁽⁴⁾を達成し、また、分子の形（対称性）⁽⁵⁾によってその性能を高められる可能性を示しました。

本研究結果は、2021年5月14日にイギリス王立化学会の速報誌「*Chemical Communications*」の communication として掲載され、同誌の表紙にも紹介されました。

現在、様々な小型電子デバイス、フレキシブルディスプレイ、IC タグなどを作成するために高性能な有機物半導体が渴望されています。今回の研究は、未来の有機トランジスタ材料を高性能化するための指針として分子の形（対称性）が一つの鍵であることを示した点で、今後の有機物半導体の高性能化を化合物の設計の観点から支援する成果を生み出したものと考えています。



PRESS RELEASE

■発表内容

<現状>

有機半導体材料を活性層とするトランジスタ（有機電界効果トランジスタ）は、有機物特有の性質を利用した「柔軟性」「低コスト」「容易な大面積化」「耐衝撃性」「軽量性」といった特徴を持ち合わせており、次世代エレクトロニクスを支えるデバイスとして近年盛んに研究が進んでいます。

フレキシブルデバイスあるいはウェアラブルデバイスを利用した生体情報収集など、私たちの生活をより豊かにする技術が生み出されています。しかし、高性能デバイスを目指すにはトランジスタの性能指標の一つである「電界効果移動度」が、従来の無機材料を用いたトランジスタに比べて低いという問題があります。この問題を解決するためには、高性能な有機半導体材料を開発することが重要な課題となっています。

<研究成果の内容>

光化学反応を使ってアセンとフェナセンのハイブリッド構造をもつジベンゾ[n]フェナセン($n = 5-7$: n はフェナセン骨格のベンゼン環の数)を簡単に合成する方法を確立しました。光は「痕跡を残さない試薬」であり、触媒や反応後に試薬の残渣などを残さない究極にクリーンな反応剤であるといえます。本研究では、ジアリールエテンと称されるエチレンの両端に芳香族構造を導入した出発物質に、ヨウ素と空気の存在下でブラックライトの紫外線を当てることで目的の化合物を合成することができました（図 1(a)）。この反応は Mallory 光反応と呼ばれています。

合成した 3 種類のジベンゾ[n]フェナセンの単結晶を作製し、その単結晶を使った電界効果トランジスタの性能を初めて調べました。ジベンゾ[6]フェナセンを活性層に用いたトランジスタの電界効果移動度の平均値は $2.0(7) \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ でした。この値はジベンゾ[5]フェナセンとジベンゾ[7]フェナセンを用いたトランジスタの移動度よりも大きく、分子の形（対称性）の違いが移動度に影響を与える可能性を示しました。

本研究結果は、2021 年 5 月 14 日にイギリス王立化学会の速報誌「*Chemical Communications*」の communication として掲載され、同誌の表紙にも紹介されました（図 1(b)）。

<社会的な意義>

有機半導体材料を用いた高性能デバイスを目指すには、高性能な有機半導体材料を開発することが重要です。高性能な有機半導体物質は、未来の DX 社会を支える電子デバイスに欠くことができない基盤となります。今回の研究成果は、有機半導体材料の開発過程において分子の形（対称性）が一つの鍵であることを実験的に示しました。このような指針が得られたことで、今後、高機能・高性能な新規有機半導体材料の設計と開発を推し進めることができると期待されます。

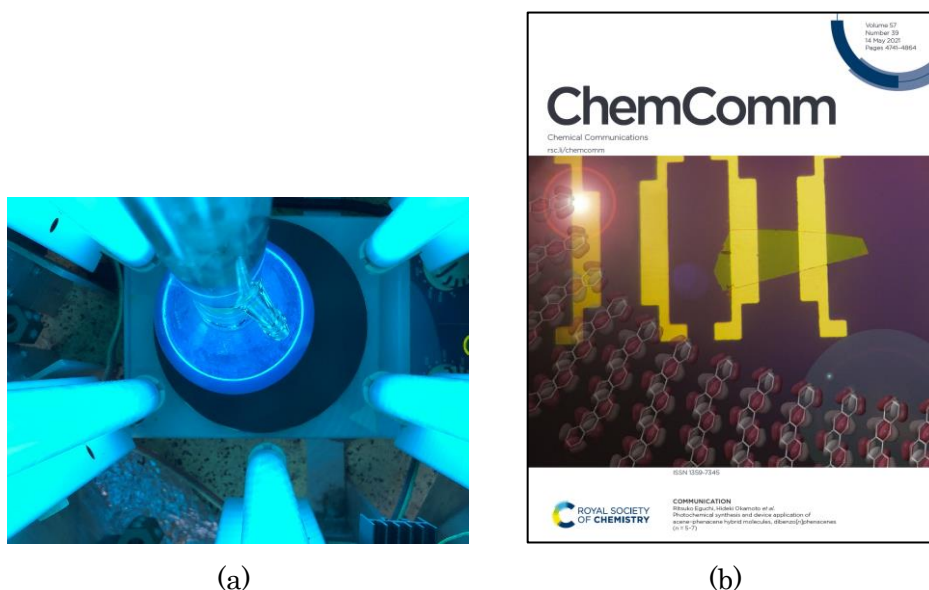


図 1. (a) 紫外線を照射してジベンゾ[n]フェナセン分子を合成する様子
(b) 今回の論文が掲載され、表紙で紹介された *Chemical Communications* 誌

■論文情報

論文名 : Photochemical synthesis and device application of acene–phenacene hybrid molecules, dibenzo[n]phenacenes ($n = 5-7$)

掲載紙 : Chemical Communications

著者 : Yanting Zhang, Ritsuko Eguchi, Shino Hamao, Kenta Goto, Fumito Tani, Minoru Yamaji, Yoshihiro Kubozono and Hideki Okamoto

DOI : 10.1039/d1cc01294k

URL : <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/CC/D1CC01294K#!divAbstract>

■研究資金

本研究は、下記の独立行政法人日本学術振興会 (JSPS) 「科学研究費助成事業」および物質・デバイス領域共同研究拠点共同研究 (20211357, 研究代表 岡本秀毅) の支援を受けて実施しました。

基盤 C 研究代表 : 江口 律子 18K04940

基盤 C 研究代表 : 岡本 秀毅 17K05976, 20K05648

挑戦的研究 (萌芽) 研究代表 : 久保園 芳博 18K18736

基盤 B 研究代表 : 久保園 芳博 19H02676

学術変革領域研究 A 研究代表 : 林 好一 20H05878

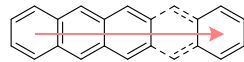
学術変革領域研究 A 研究代表 : 谷口 博基 20H05879


■補足・用語説明



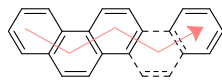
PRESS RELEASE


(1) アセン：ベンゼン環が直線的につながる構造を持つ芳香族炭化水素の総称。初期の有機物トランジスタ材料として注目されたが、非常に不安定な分子であるため、実用的デバイスには適用できない。



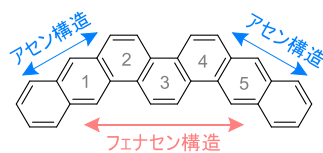
アセン＝ベンゼン環  が直線的につながる有機化合物

(2) フェナセン：ベンゼン環がジグザグ型につながる芳香族炭化水素の総称。この分子はアセン系列の分子と異なり、化学的に安定でバンドギャップが大きい。この系列の分子はトランジスタ応用した時に極めて高い特性が出ることを本研究グループが発見している。

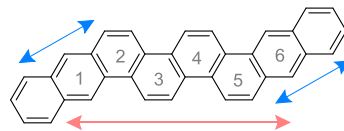


フェナセン＝ベンゼン環  がジグザグにつながる有機化合物

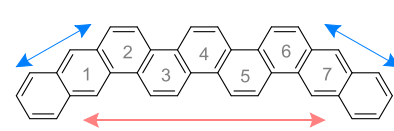
(3) ジベンゾ[n]フェナセン：[n]フェナセン分子の両端にベンゼン環を追加した分子構造を持つ。アセンと[n]フェナセンのハイブリッド構造を持っている。化合物名称の[n]と構造式中の数字はフェナセン構造部分のベンゼン環の数



ジベンゾ[5]フェナセン



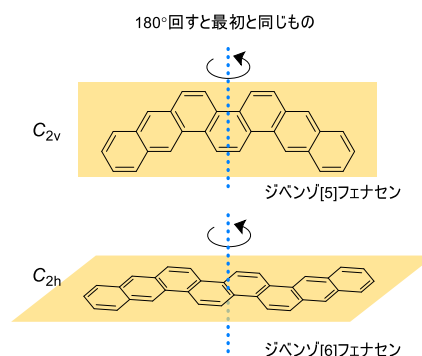
ジベンゾ[6]フェナセン



ジベンゾ[7]フェナセン

(4) 電界効果移動度：トランジスタの中のキャリア（電荷を運ぶもの：電子やホール）の動きやすさの指標。移動度が高いトランジスタは応答時間が速い。高性能なデバイスを作製するためには高移動度を実現することが重要な課題となっている。

(5) 分子の対称性：ある分子を回転させたり鏡に映したりしたときに、もとの分子の構造に重なる場合、分子は対称性を持つという。ジベンゾ[5]フェナセンとジベンゾ[7]フェナセンは分子平面の中で、分子の中心を通る軸のまわりに 180° 回転させると回転前の分子と一致する (C_{2v} 対称)。ジベンゾ[6]フェナセンは分子平面に垂直な軸のまわりに 180° 回転させると、回転の前後で分子が一致する (C_{2h} 対称)。このような、回転の前後で分子をもとの形と一致させる軸を回転軸と呼ぶ。ジベンゾ[n]フェナセンでは、回転軸が分子平面の中にあるか、分子平面に対して垂直方向にあるかで分子の対称性が異なる。分子の対称性は、構造や物性などの分子の多くの性質に影響を与える。





<お問い合わせ>

岡山大学 異分野基礎科学研究所

助教 江口律子

(電話番号) 086-251-7797

(FAX) 086-251-7797

岡山大学 学術研究院自然科学学域 (理)

准教授 岡本秀毅

(電話番号) 086-251-7840

(FAX) 086-251-7853



岡山大学
OKAYAMA UNIVERSITY



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。