

機能化学研究室

研究内容：超分子化学・空間化学・機能性高分子材料化学

所在地：京都市西京区京都大学桂

スタッフ：教授 生越 友樹（桂 A4-319） Tel: 075(383)2733 FAX: 075(383)2732

e-mail: ogoshi@sbchem.kyoto-u.ac.jp

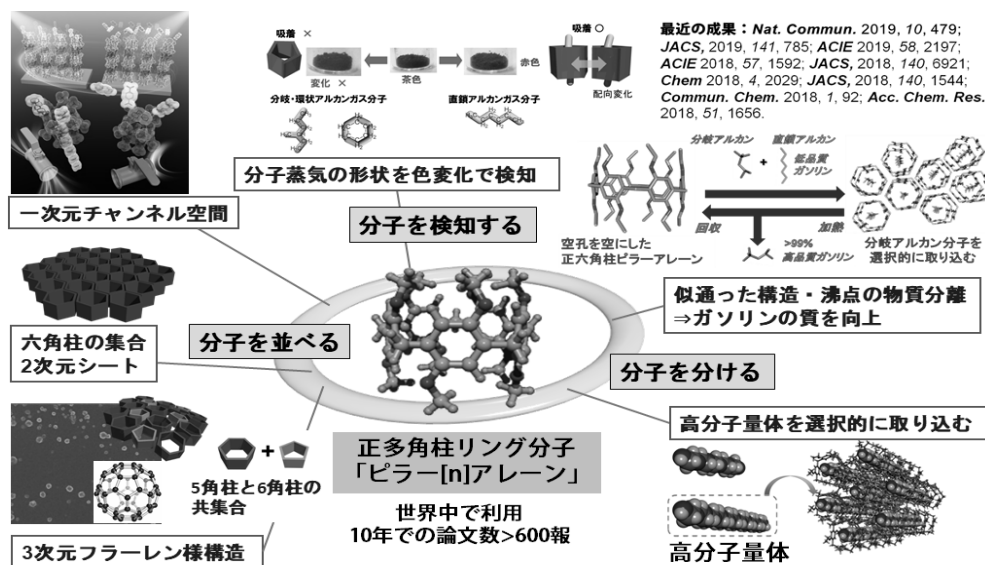
ホームページ：http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/ogoshi-lab/（現在作成中、近日中に公開予定）

分子を設計し自発的に集合させて次世代の機能材料を開発

超分子とは、複数の分子が共有結合以外の分子間相互作用、すなわち水素結合、疎水性相互作用などにより秩序だてて集合した分子のことを指します。本研究室では、シンプルで美しい構造を有する機能分子をデザインし、自発的に集積化させることで新機能を示す超分子の開発に取り組んでいます。本研究室は2019年3月に誕生し、2019年4月に第1期メンバーを迎え、学生・教員と一緒に実験・ディスカッションを楽しみ、真にオリジナル研究を目指して日々研究に取り組んでいます。以下、本研究室の主な研究テーマを紹介します。

正多角柱環状分子ピラー[n]アレーンを基にした空間化学

分子を並べる：正多角柱は優れた対称性の美しい構造体です。我々は、正5, 6角柱の新規環状分子（柱（ピラー）状構造であり芳香環（アレーン）からできているため、“ピラー[n]アレーン”と名付ける（nは繰り返し数））を2008年に報告しました。世界中の化学者に利用され、11



年間でピラー[n]アレーンを用いた600報を超える論文が報告されています。我々は、ピラー[n]アレーンの優れた対称性を利用し、1、2及び3次元にピラー[n]アレーンを並べることで分子空間を有した材料を造り出しました。正多角柱分子は、柱構造から1次元チャンネル構造を形成することができます。さらに2次元に正六角柱分子を敷き詰めると、蜂の巣構造である2次元ハニカムシート構造を形成することができました。一方で、正五角柱分子を敷き詰めても、正六角柱分子のような2次元シート構造を作ることは困難です。また正六角柱分子のみでは3次元の球状構造を形成することはできませんが、あえて対称性の低い正五角柱分子を組み込むことにより、3次元の球状構造を形成することができました。フラレンが正五角形と正六角形から球状構造になるのと同様の原理です。

分子を分ける：各種の分離精製法や分子認識の技術が発展した現在も、アルカン異性体の分離はなお難しい課題です。蒸留などの技術では分離が困難なのはもちろんですが、アルカンは他の分子との相互作用が弱いため、これを精度よく分離する方法はほとんど知られていません。しかしアルカ

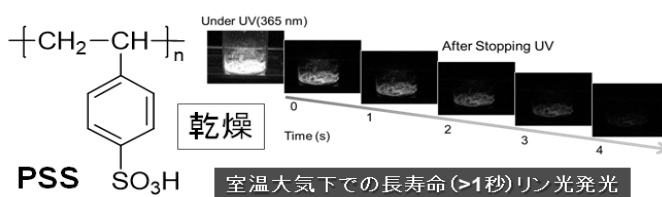
ンの分離には大きなニーズがあります。例えばイソオクタンのような枝分かれの多いアルカン含有の高いガソリンは、エンジンのノッキングの少ない、いわゆるハイオクガソリンとなることが知られています。我々は正六角柱ピラー[6]アレーンからなる空間材料が、その空間に分岐状アルカンを選択的に取り込むことを見出しました。この特徴を利用し、ピラー[6]アレーンからなる空間材料を直鎖と分岐アルカン混合物に作用させると、空間材料は分岐アルカンを選択的に取り込み、結果として大幅にガソリンの品質を向上させることに成功しました。容易にガソリンを高品質化することができ、エネルギー・環境問題解決への貢献が期待されます。様々な分子量を有する高分子から高分子量体を選択的に分離することにも成功しています。

分子を検知する：ピラー[n]アレーンの優れたアルカン形状認識能と分子構造をデザインすることで、アルカンガスの形状を色変化で検知することができました。直鎖・分岐・環状など様々な形状の混合アルカンガスの中に、どのような形のアルカンガスが存在しているかを色変化により検知することができ、ガソリンの純度を見分けるセンサーとしての応用展開が期待されます。

長寿命リン光発光高分子材料

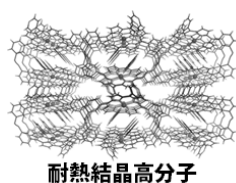
リン光物質は外部からの光エネルギーを蓄え、暗闇でも光り続けることから、時計の文字盤など様々なものに利用されています。しかし、現在利用されているリン光物質は、希少金属を含むため高価という問題があり

ます。我々は、安価な市販高分子、ポリスチレンスルホン酸（PSS）を乾燥し水を除去すると、室温・大気下で1秒を超える長寿命リン光を示すことを偶然見出しました。大量合成が可能で、これまでの高価なリン光物質とは一線を画す物質であり、高分子であることから、フィルム形成能など材料としての魅力を秘めています。異種材料とのハイブリッド化、ブロックポリマーなどが多様な設計が可能で、柔軟性/剛直性を有する新しいリン光材料の創製を目指して研究を進めています。

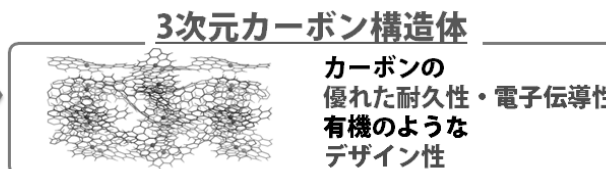


新物質群「3次元カーボン構造体」の創成

有機系多孔体は、デザインにより緻密な構造制御が可能です。そのため吸蔵、分離、触媒、光化学など多岐



炭素化



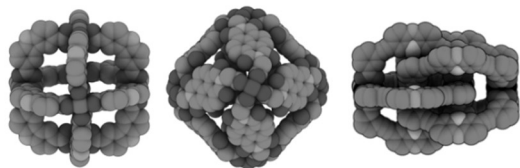
に渡る分野への展開が進んでいます。ただ有機骨格を用いている限界として、耐熱・安定性の問題が発生し、これが実用化への大きな障害になっています。一方、活性炭に代表される多孔性カーボン材料は、優れた耐熱・安定性、電子伝導性といった、有機系多孔体には無い多くの利点を持つため、実用材料として広く利用されています。しかし、有機系多孔体のように多孔性カーボン材料の緻密な分子構造設計を行うことはこれまでは不可能でした。我々は耐熱性の高い有機系多孔体を焼成することで、有機系多孔体のように明確な分子設計が可能で、多孔性カーボン材料のように優れた耐熱・安定性、電子伝導性を有した3次元カーボン構造体の創成を目指し研究を進めています。

研究室の方針

- ・学生とスタッフのみんなで研究・研究室生活を楽しむ
- ・同期・卒業生の輪を大切に 人をつなぎ、縦と横のつながりを生む研究室を作る
- ・集中してON-OFFをつけたメリハリのある研究生を送る
- ・世界で活躍できる研究者に ドクター学生は海外での研究留学・国際会議への参加を推奨する

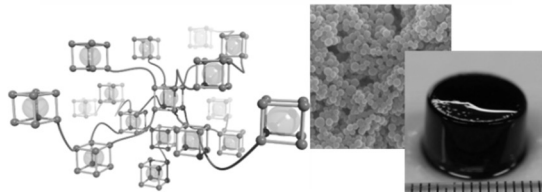
熱意を持った学生諸君を大いに歓迎します！ぜひ研究室を見学してください。

多様なジオメトリを持つ金属錯体超分子の合成



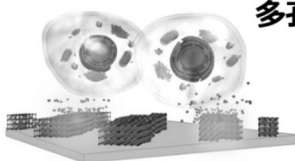
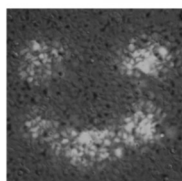
内部に空間を有する様々なジオメトリを持つ分子を合成しています。各種解析装置を使ってその構造を決定し、吸着機能（内部空間に分子を閉じ込める）の評価を行います。この分子群が集合体の素子となります。

分子集合体としての多孔性ソフトマターの合成



金属錯体超分子の集合状態を制御することで、コロイド粒子、ファイバー、ゲル、結晶といった様々な形態をもつ多孔性材料を合成しています。ここでは自己組織化という概念が重要になります。

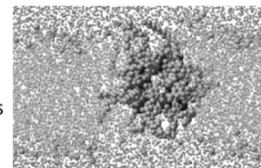
ガスバイオロジーへの応用



多孔性金属錯体

内部空間に生体活性なガス分子(NO,CO)を閉じ込め、必要な場所とタイミングで放出する多孔性均造作体を合成しています。生体内でのガス分子の役割を解明する細胞生物学研究、また「ガスの薬」としての応用研究を共同研究として行っています。

人工イオンチャネルへの応用



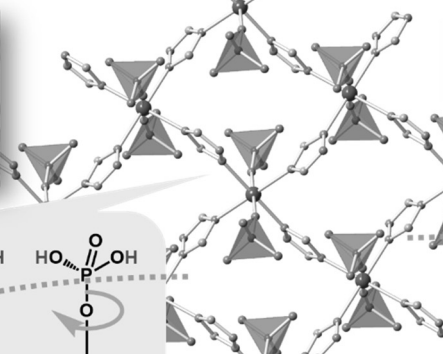
多孔性金属錯体を脂質二分子膜中に埋め込み、多孔性金属錯体の内部空間をイオンの通り道とした、人工イオンチャネルの研究を行っています。電気生理学、タンパク質工学分野の科学者との共同研究で、1分子レベルでの分子挙動の解析を行っています。

H⁺

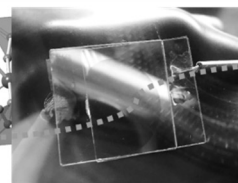
Li⁺

metal-organic frameworks, MOF

金属イオンと分子の自己集合からなる「金属-有機構造体」 Metal-organic frameworks: MOF の材料化学

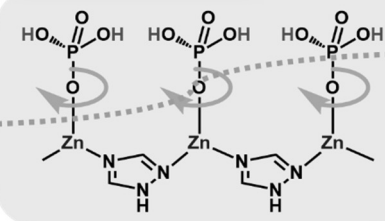


MOFのガラス化による 光応答性の伝導体



Li⁺

H⁺



結晶内部の分子回転を利用した イオン伝導と電池への応用