有機・高分子化学専攻の紹介

1. 忍久保研究室（構造有機化学研究室）
2. 大井研究室（有機反応化学研究室）
3. 石原研究室（触媒有機合成学研究室）
4. 野呂グループ（高分子物性学研究室）
5. 上垣外研究室（機能高分子化学研究室）
6. 竹岡グループ（高分子組織化学研究室）
7. 井改研究室（超分子・高分子化学研究室）

忍久保研究室　有機構造化学研究室（有機・高分子化学専攻）

新しいパイ電子化合物を創る・その性質を探求する

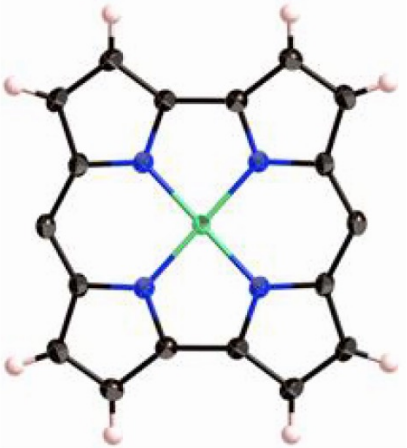
構造
新しい構造
美しい形

→

物性・機能
色・蛍光・分子認識・
触媒作用・伝導性・
超分子

→

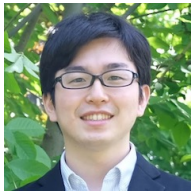
応用
有機太陽電池
有機半導体
エネルギー貯蔵
癌治療



教員

忍久保

福井

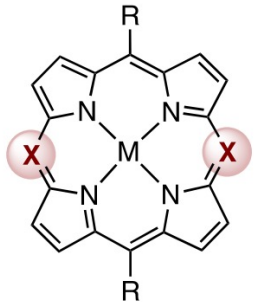

髙野

美しい分子には優れた機能が宿る

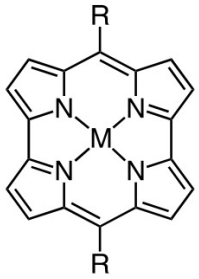
研究室HP http://www.chembio.nagoya-u.ac.jp/labhp/organic1/index.html
研究室Twitter @shinolab

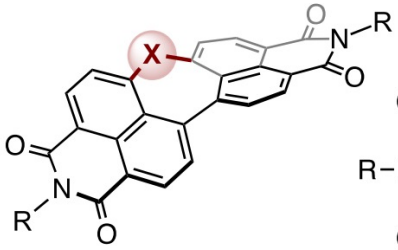
忍久保研究室
（構造有機化学研究室）

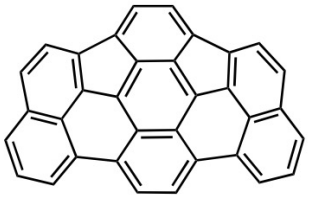
有機構造化学研究室では、新しいπ電子化合物の合成とその性質を探求する研究を行っています。美しい分子には優れた機能が宿るという信念のもと、見た目にも美しい分子を有機合成化学の手法を用いて合成します。実際に分子を合成したあとには、その分子の性質や機能を探る研究を行います。そして、優れた特性をもつ分子は、有機太陽電池、有機半導体、エネルギー貯蔵、がん治療への応用を目指して、さらに展開していきます。研究室の詳細についてはホームページを見ていただければと思います。

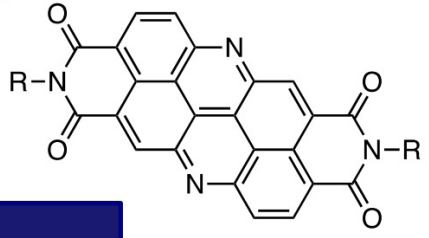


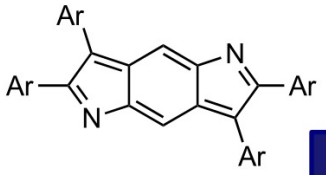
新規有機π電子化合物の創成



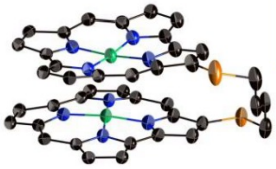




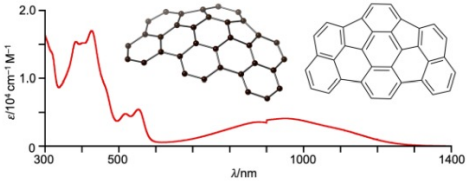




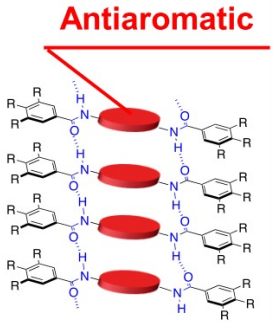
斬新で美しい分子を創り、機能を解明する。



積層芳香族性の実験的実証

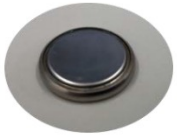


安定性と近赤外吸収の両立

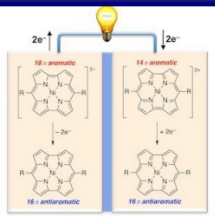


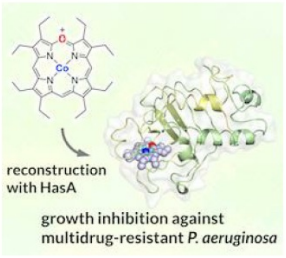
反芳香族超分子

有機π電子化合物の新奇現象の創出と解明

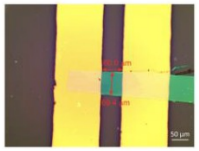


電池の活物質

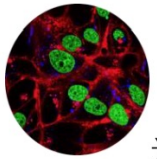




多剤耐性菌への抗菌作用



有機半導体



光線力学療法

電子材料や医療への応用を目指した構造制御と機能開拓

忍久保研究室

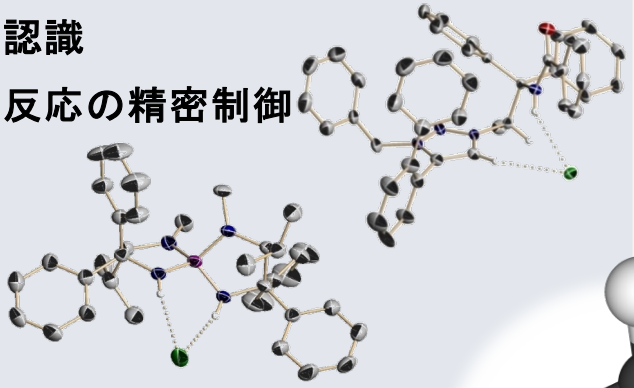
（構造有機化学研究室）

現在、行っている研究をまとめるとこれらの３つになります。なかでも、研究室の基本となっているのが「新規有機π電子化合物の創成」です。これまでにここに示す多彩な独自分子を創出してきました。新しい化合物が得られたら、それらの機能を解析し、「新奇現象の創出と解明」につなげます。例えば、積層した反芳香族化合物の芳香族性の実験的実証は当研究室が世界に先駆けて報告しました。また、新たに創出した化合物を基盤とする「電子材料や医療への応用を目指した構造制御と機能開拓」にも取り組んでいます。これまでに独自の分子を蓄電池の活物質や有機半導体として応用したり、独自の分子を多剤耐性菌やがんへの治療に使う研究を行いました。

有機反応化学グループ（大井研究室）

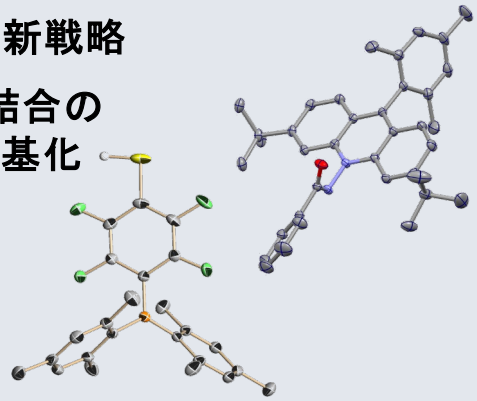
キラルイオン性分子触媒

- 分子認識
- 化学反応の精密制御



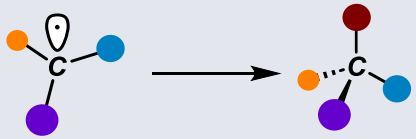
C-H結合を活性化する光触媒

- 触媒設計の新戦略
- 炭素−水素結合の直接的官能基化



分子を生み出し
新たな機能を
創出する

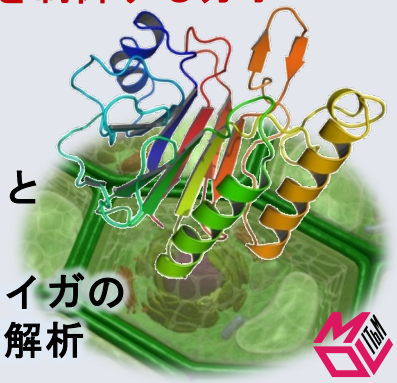
選択的ラジカル反応



- 位置・立体選択性の触媒制御

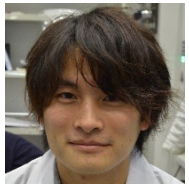
生命現象を制御する分子

- 体内時計の理解と制御
- 寄生植物ストライガの発芽・寄生機構解析



教授　大井 貴史

特任准教授
武藤 慶



助教
荒巻 吉孝

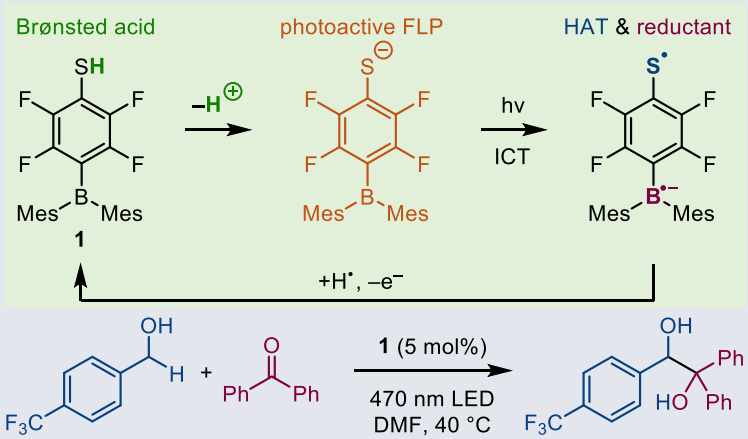
助教
中島 翼

大井研究室
（有機反応化学研究室）

有機反応化学グループには、研究室を主宰する大井先生に加え1名の准教授と2名の助教の先生が所属しています。大井研では、分子の力に注目した研究を展開しており、特に、独自のイオン性有機分子を生み出し、その構造に根差した触媒としての新たな機能を引き出すという方向性で多くの成果を挙げてきています。また、トランスフォーマティブ生命分子研究所における生物学者との共同研究にも取り組み、これまで培ってきた分子化学者としての知見を生命現象の制御に活かし、ユニークな成果につなげています。

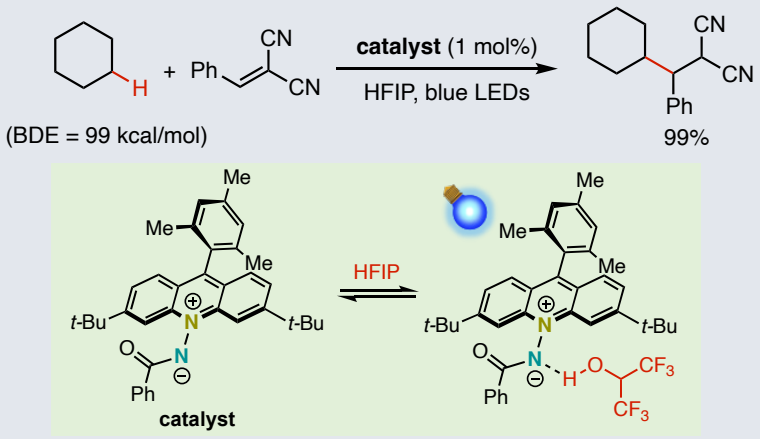
代表的研究成果

三役を担う新しい光触媒



J. Am. Chem. Soc. **2024**, *146*, 20425.

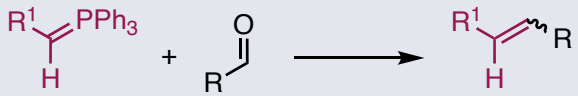
炭素–水素結合を切る新しい触媒



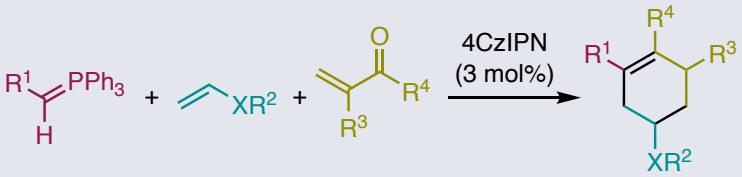
Angew. Chem. Int. Ed. **2024**, *63*, e202404890.

ラジカルの特性を活かした新反応

- 教科書にも登場するWittig反応



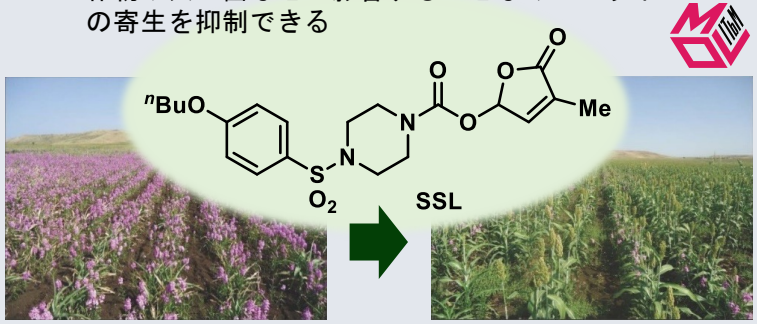
- 触媒の力で新しい反応性を引き出す



Nat. Synth. **2024**, *3*, 1385.

深刻な農業問題の解決

- フェムトモル濃度で効くストライガ用自殺発芽剤
- 作物や共生菌などに影響することなくストライガの寄生を抑制できる


figure_text nBuO
O
O
O
N
N
O
Me
S
O2
SSL

ストライガ汚染畑　　健全な畑（目標イメージ）

Science **2018**, *362*, 1301.

大井研究室

（有機反応化学研究室）

最近の研究成果を紹介すると、三つの役割を担う光活性な有機分子触媒であるボリルチオフェノールを独自に創製し、その機能を活かしてアルコールとケトンを直接カップリングさせる高難度な反応を実現しました。また、適切に構造設計した双性イオン型アクリジニウムアミデートが安定なアルカンのC-H結合を変換する優れた触媒として機能することを実証しています。さらに、教科書にも登場し、古くから研究されてきたWittig反応剤の全く新しい反応性を触媒の力を合理的に利用することで引き出し、革新的な反応を実現しています。生物分野への貢献としては、アフリカの穀物生産に大きな打撃を与えている寄生植物であるストライガの撲滅を目指したプロジェクトに参画し、極めて低い濃度で選択的にストライガを駆除できる分子、スーパーストリゴラクトンの開発に成功しています。

このように大井研究室は、分子の力を巧みに使って、フラスコ内から生体内までの有機化学反応の制御と理解に挑んでいます。

K.ISHIHARA GROUP
green catalysis

有機・高分子化学専攻
触媒有機合成学研究グループ

グリーン合成触媒の匠工房

酵素の機能に学び
酵素を凌駕する
テーラーメード型人工触媒
で世界一を目指す！

基礎研究課題

- 酸塩基複合型高機能触媒の設計・開発（人工酵素）
- 超分子不斉触媒の設計・開発（人工酵素）
- デザイン型Brønsted酸触媒の設計・開発（人工酵素）
- デザイン型ハロゲン触媒の設計・開発（グリーン）
- 光・ラジカルカチオン触媒の設計・開発（グリーン）
- バイオミメティックカスケード反応の開発（生合成）

応用研究課題（企業との共同研究）

- エステル・アミド縮合触媒の開発（グリーン）
- 医薬品・化成品・機能性材料の合成法の開拓（プロセスケミストリー）

Green Catalysis & Synthesis

石原研究室

（触媒有機合成学研究室）

触媒有機合成学研究グループでは、有機反応の反応性と選択性を思いのままに制御する高機能触媒の開発研究をしています。これまでに、研究室独自に体系化した酸塩基複合化学を基盤に、様々な酸塩基複合型高機能触媒を開発してきました。

グリーンサステイナブルケミストリーの観点から特に生体反応に着目しています。生体系では酵素が触媒の役割を果たしています。我々は環境に優しい酵素の機能に学び、酵素を凌駕するテーラーメード型人工触媒の開発を究極の目標に掲げています。

例えば、小分子触媒では制御困難な高次選択性の制御を目的に、精巧な鍵穴を有する超分子不斉触媒の設計・開発を、また、ワンポットで複数の反応を連続的に行うことのできる理想的な合成プロセスとして、バイオミメティックカスケード反応の開発研究をしています。

元素戦略の観点から、金属ルイス酸の代わりにBrønsted酸を、レアメタルや重金属の代わりにハロゲンを代替元素に用いた触媒開発を通して、グリーンサステイナブルケミストリーに貢献しています。

また、工業的に重要なエステルやアミド合成用の触媒開発にも力を入れており、企業との共同研究も幾つか実施しています。特に医薬品などの合成を目的にした化学プロセスの研究なども実施しています。

石原研究室 2025年度メンバー

教授　石原一彰　　准教授　UYANIK Muhammet　助教　大村修平　　秘書・事務員　1人

大学院博士課程（3年間）: D3 1人(G30)、D2 4人、D1 3人+1人(G30)
大学院修士課程（2年間）: M2 4人+1人（G30)、M1 5人
学部4年生: 5~6人
大学院研究留学生: 1人（4～9月）

石原研HP

卒業後の進路

企業研究・技術者（化学・医農薬・化粧品・食品系）

第一三共、田辺三菱製薬、塩野義製薬、小野薬品工業、JT、住友化学、
三菱ケミカル、旭化成、富士フイルム、花王、JSR、信越化学、東亞合成、etc.

大学教員、海外博士研究員

名大、九大、北大、千葉大、静岡県立大、UC Berkeley、Princeton U.、etc.

石原研究室
（触媒有機合成学研究室）

研究室の主宰者は石原教授であり、ウヤヌク准教授や大村助教と協力して、研究室を運営しています。2025年度の博士課程学生は9人、修士課程学生は10人、学部生は5～6人、大学院研究留学生1人の合計25～26人が在籍する見込みです。

卒業後は化学・医薬系の企業か大学へ研究者として就職しています。中には海外の大学で博士研究員として数年研鑽を積んでから大学教員になる人もいます。

高分子物性学研究室　野呂グループ

研究内容：分子制御・ナノ構造制御に
基づいた次世代高分子材料開発

取り組み姿勢：
学術に基づきながらも、
工業化・実用化まで見据えた、
社会にも還元される研究の実践

主な研究テーマ

1. 次世代燃料電池用新規プロトン伝導性高分子電解質の開発
2. 次世代構造用接着剤及び非共有結合性エラストマーの開発

高野特任教授

主所属：
量子化学
イノベーション
研究所

野呂講師

マテリアル
イノベーション
研究所・
脱炭素社会
創造センター
兼務

大学院生：5名、学部生：2名、博士研究員：1名、研究員：2名、補佐員：2名

野呂グループ
（高分子物性学研究室）

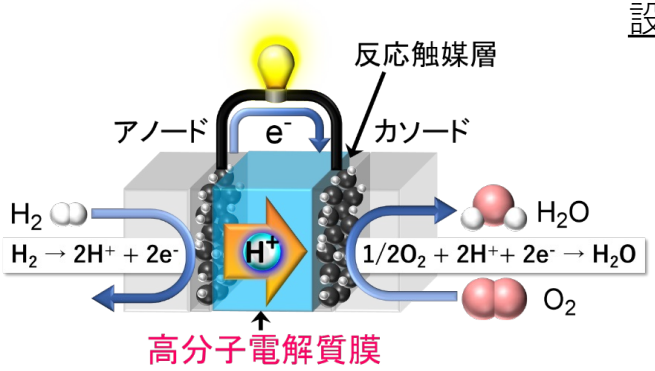
高分子物性学研究室、野呂グループは、野呂講師、量子化学イノベーション研究所を主所属とする高野特任教授、学生7名、研究員・補佐員5名からなる研究グループです。

「学術に基づきながらも、工業化・実用化まで見据えた、社会にも還元される最先端高分子材料化学研究」を実践すべく、企業等とも連携しながら、分子制御・ナノ構造制御に基づいた次世代高分子材料に関する研究開発を進めています。

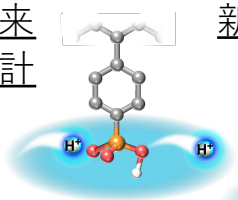
主な研究テーマとしては、「次世代燃料電池用新規プロトン伝導性高分子電解質の開発」と「次世代構造用接着剤及び非共有結合性エラストマーの開発」です。

1. 次世代燃料電池用新規プロトン伝導性高分子電解質の開発

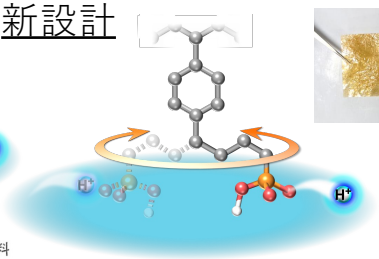
固体高分子形燃料電池（PEFC）

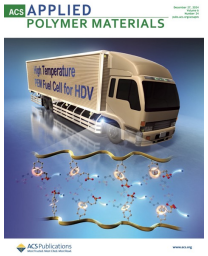


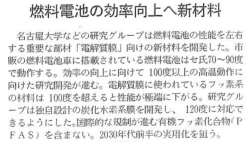
従来設計



新設計






燃料電池の効率向上へ新材料

名古屋大学などの研究グループは燃料電池の性能を左右する重要な部材「電解質膜」向けの新材料を開発した。市販の燃料電池車に搭載されている燃料電池はセ氏70～90度で動作する。効率の向上に向けて 100度以上の高温動作に向けた研究開発が進む。電解質膜に使われているフッ素系の材料は 100度を超えると性能が極端に下がる。研究グループは独自設計の炭化水素系膜を開発し、 120度に対応できるようにした。国際的な規制が進む有機フッ素化合物（ＰＦＡＳ）を含まない。2030年代前半の実用化を狙う。

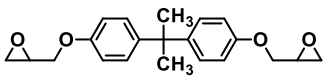
ACS Appl. Polym. Mater.
2024, 6, 15150–15161.

日本経済新聞 2024/12/24 19面　日経電子版 2024/12/22

2. 次世代構造用接着剤及び非共有結合性エラストマーの開発

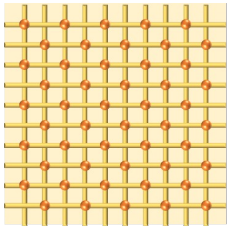
従来材料

エポキシ樹脂プレポリマー



硬化

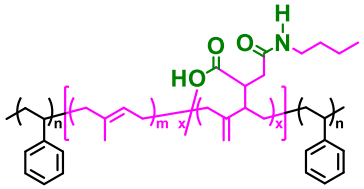
エポキシ樹脂硬化物

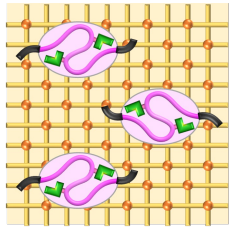


低衝撃強度、
低剥離強度
（脆い）

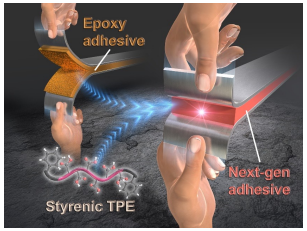
開発材料

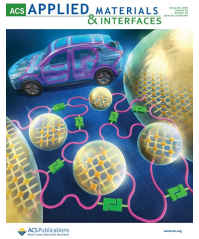
ゴム成分と水素結合の組込み





耐衝撃性が
22倍向上





ACS Appl. Mater. Interfaces
2024, 16, 65270–65280.

剥がれにくい構造接着剤

化学工業日報
2024/10/7 4面

衝撃強度 22倍に向上

日刊工業新聞
2024/9/25 29面

野呂グループ
（高分子物性学研究室）

究極のエコカーと呼ばれる燃料電池自動車や、家庭用コジェネレーションシステム「エネファーム」などには固体高分子形燃料電池が利用されており、プロトン伝導性高分子電解質膜が重要な役割を担っています。本研究グループでは従来膜とは異なる化学構造を有し、かつ従来膜の性能を凌駕する次世代高分子電解質材料の開発に取り組んでいます。

また、本研究グループでは一般には低強度とされるゴム・エラストマー及び関連材料に対して弱い結合とされる非共有結合を組み込むことで、軽量でありながらも強度・耐衝撃性等に優れる接着剤及びエラストマー材料の開発を進めています。金属やセラミックスを、軽量かつ高強度な高分子材料に置き換えることで、最終製品の軽量化、すなわち輸送時のエネルギー削減をはかることができ、脱炭素化にも貢献します。

機能高分子化学研究グループ　上垣外研究室

メンバー構成（2024年度）

教授	上垣外 正己
講師	内山 峰人
助教	渡邉 大展
事務補佐員	１名
修士課程学生	１２名（２名GTR）
学部４年生	７名（１名G30韓国）
学部研究生	１名（中国）
短期留学生	１名（フランス）

海外の大学や国内企業との共同研究

主な研究内容

◎新しい精密重合反応の開発
- ・分子量制御（リビング重合）
- ・立体構造制御（立体特異性重合）
- ・モノマー配列制御（選択的共重合）

◎高機能、高性能高分子の精密合成

◎新規バイオベースポリマーの開発
- ・植物由来モノマーの精密重合

◎分解性ポリマーの開発

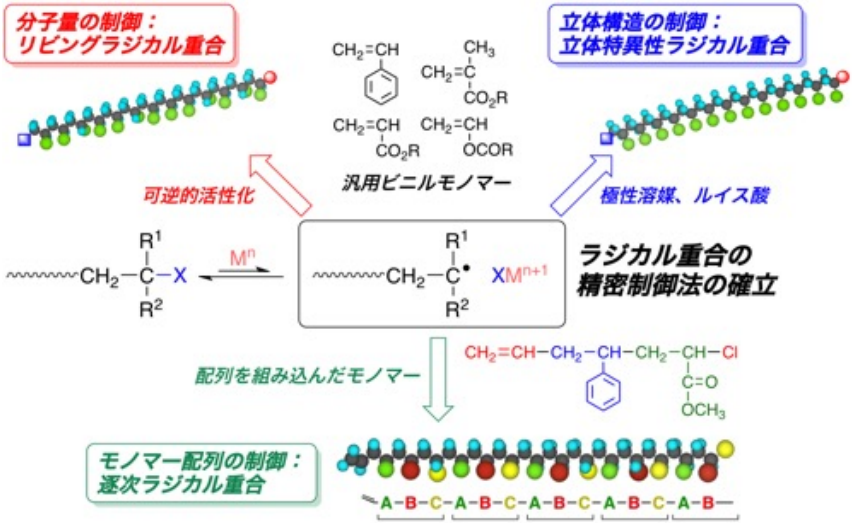
上垣外研究室

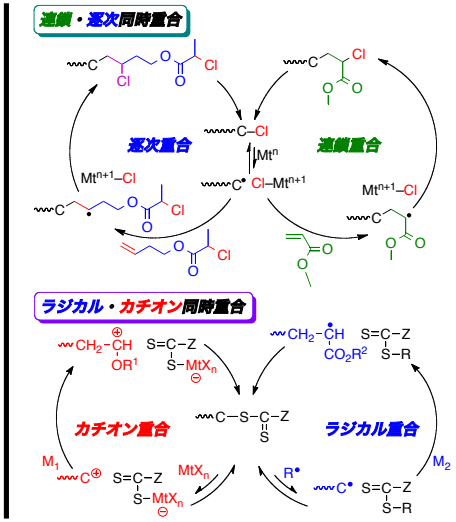
（機能高分子化学研究室）

有機・高分子化学専攻　機能高分子化学研究グループ　上垣外研究室は、高分子合成、とくにポリマーの分子量、立体構造、モノマー配列の制御を可能とする新しい精密重合反応の開発と、それによる高機能、高性能高分子の精密合成、さらに植物由来モノマーの精密重合による新規バイオベースポリマーの開発、分解性ポリマーの開発に関する研究を行っています。海外の大学の学生や教員、企業の研究者が短期滞在したり、海外の大学に研究留学したり、独自の精密重合技術を活かした共同研究も行っています。研究の詳細などはホームページをご覧ください。

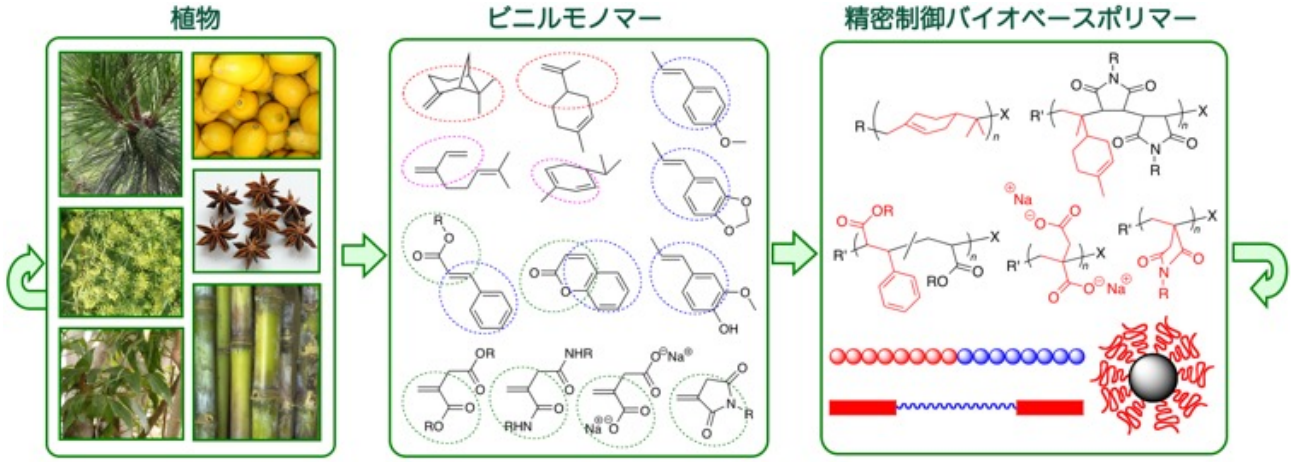
研究概要

新しい精密重合反応の開発：分子量、立体構造、モノマー配列の制御





新規バイオベースポリマーの開発：植物由来ビニルモノマーの精密重合



上垣外研究室

（機能高分子化学研究室）

研究室で行っている研究の概要を示します。例えば、工業的に広く用いられているビニルモノマーのラジカル重合において、共有結合種からラジカルを制御して可逆的に生成させることで分子量の制御を可能とするリビングラジカル重合、極性溶媒やルイス酸の配位やモノマー設計に基づく立体特異性ラジカル重合、配列を組み込んだモノマーの設計や選択的な共重合反応に基づくモノマー配列制御重合などを開発し、これらを組み合わせることで、ビニルポリマーの多重構造制御の研究へと発展させています。また、異なる反応機構で進む重合系、例えば連鎖重合と逐次重合、ラジカル重合とカチオン重合などをうまく組み合わせることで、これまでにない連鎖をもつ新規ポリマーの開発も行っています。

さらに、植物由来の化合物から誘導されるビニル化合物の特殊な構造を活用し、その精密重合系を開発することで、性能や機能に優れた新規バイオベースポリマーや分解性ポリマーの開発を行い、持続可能な社会の発展に貢献できる高分子合成技術の開発をめざしています。

有機・高分子化学専攻
高分子組織化学　竹岡グループ

高分子や液晶物質の機能を精密に設計
バイオインスパイアード材料、機能性ポリシロキサン材料、機能性ソフトマテリアル、
構造色発色性複合エラストマーなど

竹岡 敬和,
准教授

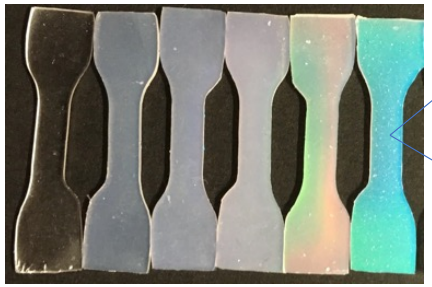
竹岡グループ
（高分子組織化学研究室）

竹岡グループでは、高分子や液晶物質などのソフトマテリアルのいろいろな機能を最大限に引き出すための分子配向法や配列法の開発と実証をすすめています。

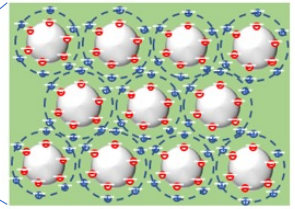
例えば、生物の組織に倣って、微細な秩序構造の形成とその構造の変化により、光学的および機械的に高機能なソフトマテリアルの構築に取り組んでいます。

生物に倣う機能材料

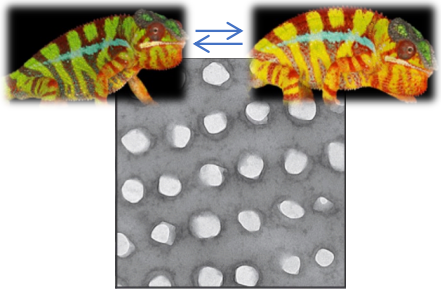
・カメレオンのように刺激に応じて色を変えるソフトマテリア



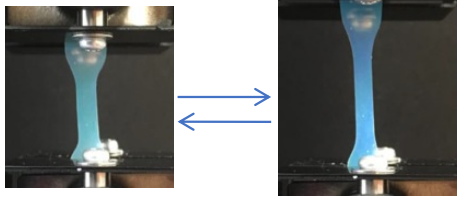
Vol% of SiO_2 Particle



高分子から成る網目中に微粒子が秩序構造を形成することで発色する



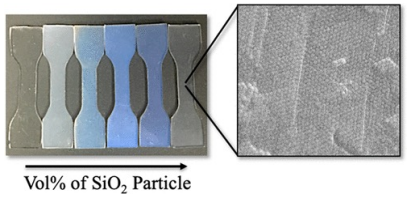
カメレオンの細胞にも秩序構造



伸張ー収縮に応じて色が変わる応力をセンシングできる

ACS Applied Polym. Mater., **2**, 4078 (2020)

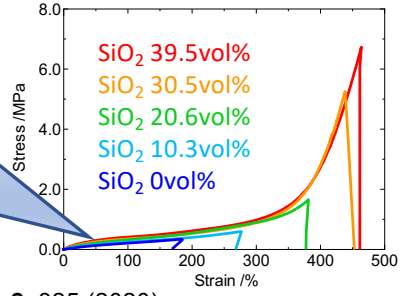
・角膜に倣い光学的に透明で生体軟組織のような力学物性を示す生体適合性ソフトマテリアル



Vol% of SiO_2 Particle

粒径約100 nmのフィラーを分散したエラストマー：光学的に無色透明でタフなソフトマテリアルになる

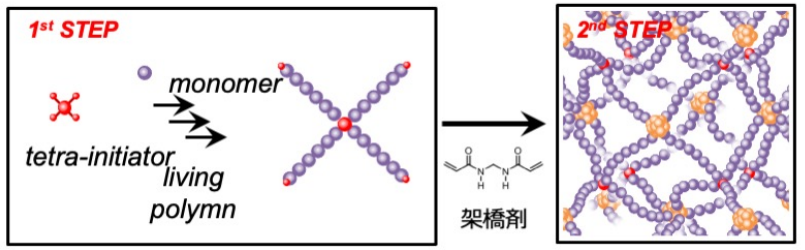
生体軟組織のように、少し引っ張った場合には柔らかいが、大きく引っ張ると伸びにくくなる。

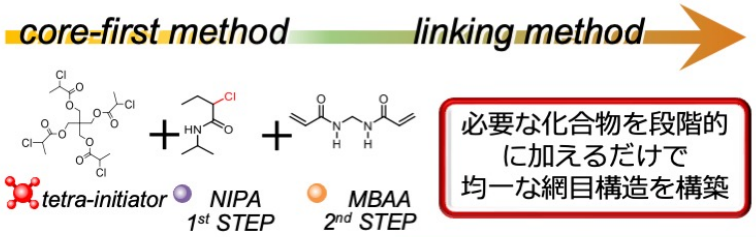


ACS Mater. Lett., **2**, 325 (2020)
ACS Applied Mater. & Interfaces, **12**, 46621 (2020)

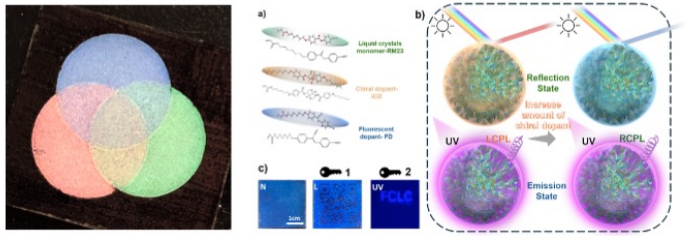
精密合成を利用したゲル

ツール化された精密合成法によりワンポットで調製



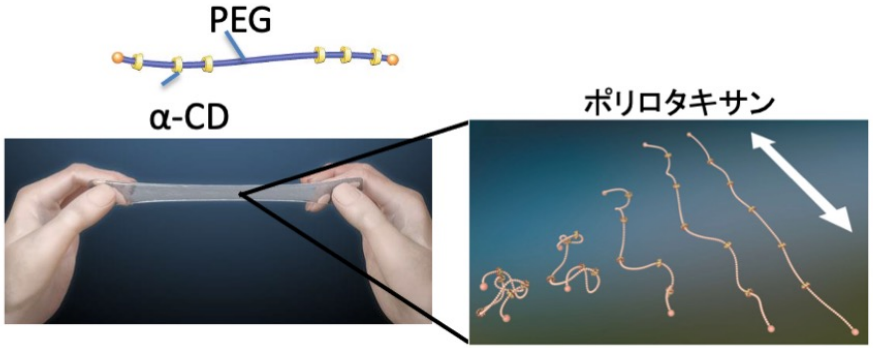


構造発色性材料



材料を秩序だった集合状態にすることで様々な色を発色

超分子を用いたタフポリマー



超分子（分子レベルの秩序を有する分子）の一種であるポリロタキサンを用いた強くてしなやかな高分子ゲルやエラストマー

竹岡グループ

（高分子組織化学研究室）

また、精密合成法を用いて調製した非常に秩序だった網目構造を有する高分子ゲルを開発し、その秩序構造を活かしたタフな材料や網目内での発光性微粒子の合成などに取り組んでいます。

さらには、ポリロタキサンなどの超分子をビルディングブロックに用いて高分子網目を構築することで、従来のゲルやエラストマーと比べて非常に良く伸びる柔らかい材料作りも行っています。

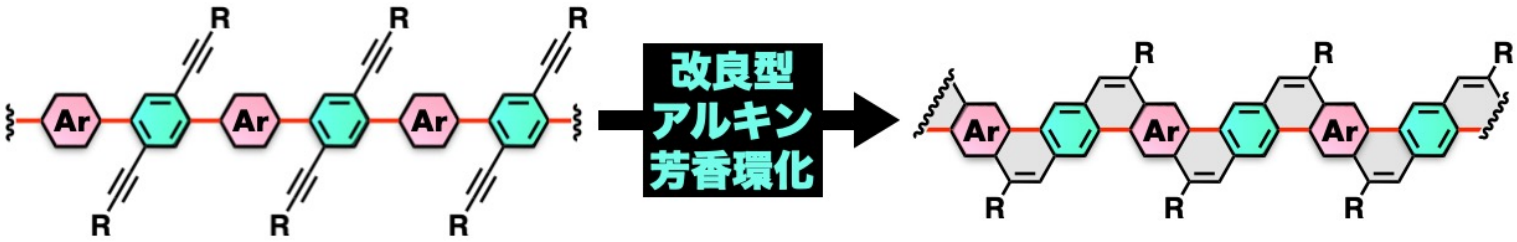
他にも、色素や顔料を用いず、安全な高分子や微粒子が配列することによって得られた材料が鮮やかな構造色由来の発色を示すことを見出しており、新たな色材の開発も試みています。

超分子・高分子化学研究グループ (井改研究室)

新反応開発を基盤とした
合成高分子の立体構造制御による機能デザイン

井改 知幸
(教授)

ラダーポリマー: 環状のモノマー単位が**2本以上**の化学結合で連結



✔ 定量的なラダー化　✔ 完璧な化学選択性　✔ 広い基質適用性

ラダーポリマー × **キラリティ** ➡ **高分子の立体構造の自在制御**

井改研究室

（超分子・高分子化学研究室）

井改研究室では、合成高分子・超分子の高次構造制御を基軸として、分離・認識・触媒・運動・情報等に関連する高度な機能を備えた高付加価値材料の創出を目指した研究を展開しています。構造設計性の高さから、環状の繰り返しユニットが二本以上の化学結合で連結した“はしご”状の構造を有するラダーポリマーを主な研究対象としています。

最近、「完璧な環化効率と化学選択性に加え、広い基質適用性を兼ね備えた汎用性の高い芳香環化反応」を開発し、欠陥のないラダーポリマーの新規合成法を確立しました。「ラダーポリマーの構造的特徴」と「主鎖骨格にキラリティを導入する独自の分子設計」を組み合わせることで、ヘリカルコイルや、ねじれたリボン、共平面、ジグザグ構造を含む多彩な立体構造の高分子を合目的に合成できることを実証しました。さらに、計算科学と融合により、円偏光発光や不斉識別に関連する機能発現にも成功しています。

井改研究室

（超分子・高分子化学研究室）

最近の研究成果を紹介します。ラダー化技術を駆使して合成したねじれたリボン構造の高分子が、優れた円偏光発光能を示すことを明らかにしました。これは、3Dディスプレイや量子暗号通信等に応用される未来の光学材料の可能性を切り拓く重要な成果といえます。さらに、ヘリカルコイル構造を構築し、不斉な空孔を生み出すことで、キラル識別能の発現にも成功し、この技術は、鏡像異性体を分離可能なキラルカラム開発に応用されています。

また、連鎖重合と超分子重合が交互かつ連続的に進行する“乗り継ぎ型メリーゴーランド重合”を開発し、二次構造を有する高分子が末端間で非共有結合的に連結した生体類似の一次元超分子集合体の合成にも初めて成功しています。重合の過程で、世界最高の不斉増幅が生じることも明らかにしました。

このように、井改研究室では、高次構造を有する高分子の合成と機能発現の研究を精力的に行っており、実用的に役立つ次世代材料の開発を目指しています。Zoom等を用いたオンライン面談も可能です。興味のある学生は、井改までメールにてご連絡下さい。