

## 特集：化学EP研究室紹介

本号では、国大化学会の構成母体である理工学部化学EPの研究室と在籍教員を紹介いたします。この数年の間に新しい研究室も加わりました。会員の皆様が在籍されていたころとは研究内容やテーマも大きく異なってきているのではないかと思います。内容をご覧ください、化学EPの研究室の現状をより身近に感じていただければと思います。これら紹介記事は、各研究室の教員からご寄稿いただきました。

(※なお構造有機化学研究室、先端環境計測化学研究室ならびに有機金属化学研究室については教員のご意向により掲載しておりません。)

### 有機電気化学研究室

有機電解合成は電気エネルギーを熱源に用いるのではなく、電極と有機基質間の直接電子移動による酸化還元プロセスに基づいていることから電子そのものを試薬としており、重金属などを含む酸化還元剤を必要としない、すなわち酸化還元剤由来の廃棄物を排出しない環境調和型電子移動プロセスであると言えます。また、常温・常圧といった温和な条件下で実施できる上、反応の駆動・停止をスイッチのon・offだけで行える優れた反応制御性も兼ね備えております。このような原理的特長から有機電解プロセスがグリーン・サステナブルケミストリーの一翼を担うものとして、モンサント法の企業化（1964年、アジポニトリルの電解合成）以来、再び脚光を浴びており、特にパリ協定採択（2015年）以降に環境調和性を追求した電解プロセスや、選択性制御に関する新しい概念や方法論が生まれ、これに基づいた研究が盛んになってきております。

我々の研究室は、国内外の研究グループと切磋琢磨しながら、長きに渡って有機電解合成分野を牽引してきました。現在も有機電解反応の新たな可能性を開拓すべく、反応装置・プロセスといった「ハードウェア」と、新規分子変換反応・新活性種の「ソフトウェア」の両面から研究を進めています。以下には、現在推進している研究テーマを示します。



跡部真人 教授



信田尚毅 助教

- ①マイクロリアクターリアクターを活用する電解合成プロセスの開発
- ②固体高分子電解質型電解（PEM/AEM）を用いた有機電解合成
- ③電解質イオンの配位を利用する有機電解反応開発
- ④電解反応に基づく高分子化合物の合成・分解

これらの研究には、有機化学、電気化学、高分子化学、触媒化学といった様々な化学分野の知識が必要となります。当研究室の学生の皆さんは、研究活動を通じて多角的な知識・経験を獲得することで立派に成長し、卒業生の皆様は様々な業界で活躍しています。これからも、次世代の化学産業を支える多くの人材を輩出してまいります。

## 無機材料合成研究室

伊藤暁彦研究室は、「気相法の限界を超越する新たなセラミックス合成プロセスの開発とこれを担う人材の創出」に挑戦する研究室です。セラミックスの「つくりかた、できかた」を工夫して実用材料に「新たな価値」を付与したり、未踏材料の「新たな特性」を明らかにするための合成プロセスの開発に関する研究に取り組んでいます。

これらの目的を達成するために、レーザーを利用した化学気相析出法や物理気相蒸着法を用いた無機材料開発に関する研究を進めています。化学気相析出法は、気相からの析出反応により基材をコーティングする手法であり、電子デバイス向けの機能性薄膜からガスタービン向けの耐環境性厚膜まで、実用コーティング法として幅広く使用されています。これまでの研究では、レーザー照射によって析出反応を活性化させることで、自己配向成長や自己組織化を伴った結晶成長が起こることを明らかにしてきました。さらに共晶反応を取り入れた「気相から秩序形成するセラミックス結晶の合成技術」の開発に取

り組んでおります。近年は、高輝度・高空間分解能な蛍光発光を実現する厚膜蛍光体の高速製造技術の事業化検証を進めており、固体照明や放射線撮像分野への応用を目指しています。

伊藤暁彦研究室の研究活動の魅力は、手作りの気相合成装置をつかって無機材料を合成し、実際に手に取り観察できる点にあります。そこには無数の合成ルート・合成物の可能性があり、自分のひらめきが具体化する楽しみを味わうことができます。電子顕微鏡を覗く瞬間のワクワク感や自分の発想が課題解決や新たな研究テーマの発掘につながる充実感は、何事にも代えがたいものです。これからも精力的に教育研究活動に励んでまいりますので、ご指導ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。



伊藤暁彦 准教授

## 有機化学研究室

私たちは、有機合成の技術を利用して、新しい機能をもった有機分子を創り出すこと目的とした研究を行っています。有機分子は、その構造に特有の機能をもつため、医薬品や香料、液晶を始めとする幅広い分野で利用されています。中でも、光を当てると発光する性質をもつ有機分子は、ディスプレイやセンサーなどへの応用に向けた研究が活発に行われています。

一般に、希薄な溶液中では発光する分子であっても、固体状態では発光しなくなります。私たちは、独自の分子設計に基づいて、固体状態でも効率よく発光する有機分子を得ることに成功しています。また、その過程で、薬さじでこするとといった機械的刺激に応答して発光色が変わる「メカノクロミック発光」を示す有機分子を偶然見出しました。現在は、多彩な応答挙動を示すメカノクロミック発光分子を狙い通りに作ることを目指した研究を進めています。このような有機分子は、圧力を高感度に検知するセンサーや、偽造防止用インクなどへの応用を期待できます。

右手と左手の関係のように互いに重ね合わせるこ

とのできないキラルな有機分子が発光する場合、円偏光発光を示します。円偏光発光は、3次元映像を表示するためのディスプレイを始めとする光情報技術への応用が期待されています。私たちは、見た目の発光はほとんど変化させずに、円偏光発光を大きく変化させることのできる有機分子を見出したことから、円偏光発光を示す有機分子に関する研究も進めています。

2018年4月に独立した研究室となってから5年目を迎えました。研究室では、各学生が世界で初めての分子を合成し、その機能を調べることを研究テーマとしています。そのような研究を進めていると、当初予期しなかった興味深い結果が出てくることも多々あり、これこそが研究の醍醐味であると感じています。このような発展途上の研究分野を今後もさらに開拓していきます。



伊藤 傑 准教授

## 光機能化学研究室

21世紀は光の時代と言われています。光刺激に応答して、可逆的に色の変化を伴って分子の構造を変えるフォトクロミック分子。私達の研究室では、フォトクロミック分子を中心にして、光化学、有機化学、高分子化学を駆使した機能性材料の開発およびその機能性評価を行っています。有機化合物、高分子化合物のフレキシブルな特性を活かした光に応答する材料に注目し、マイクロおよびナノメートルスケール場での光反応による分子の構造変化に基づく物性変化を利用した新規材料の創製や新しいフォトクロミック分子の開発を目指しています。これらのフォトクロミック分子を学術分野でも産業分野でもどこかで役に立つものとするべく、微力ながら取り組んでいます。基本的には有機合成によって目的とする化合物を創製し、その化合物の溶液中や液晶中さらには薄膜中における光応答特性を種々の分析装置を用いて評価し、その結果をフィードバックして新たな分子設計につなげる、というスタイルで研

究を進めています。研究室に配属された学生は研究活動を通して有機合成と物性測定の両方のスキルが身に付きます。現在の研究室のメンバーは学生8名で、横山泰名誉教授のアドバイスをいただきながら、研究活動を進めています。現在



生方 俊 准教授

は下記に示す3つのテーマを中心にした研究に励んでいます。

- ①光誘起表面レリーフ形成
- ②光応答性コレステリック液晶
- ③新規フォトクロミック分子の創製

研究室を立ち上げてからもうすぐ10年、卒業生の皆様からの活躍も聞こえております。今後もそれぞれの分野で活躍できる人材を多く輩出できるよう精進してまいります。

## 高分子化学研究室

当研究室では、本学における高分子化学研究の潮流を継承しさらに発展させるべく、日々研究を進めています。現在は、「高分子ならではの機能・性能」を発現するポリマーの開発を目指し、おもに以下の4つのテーマについて研究を行っています。学生には原則としてそれぞれ独立したテーマを与え、各自が主体的に研究を進めていけるよう教育を行っています。

### 1. 新しいネットワークポリマーの開発

熱硬化性樹脂は、そのネットワーク構造に基づく優れた熱的・機械的特性などを示しますが、さらなる性能の向上や環境問題への対応が求められています。当研究室では、熱硬化性樹脂の強靱性を向上させる新手法の開発や、新規高耐熱性樹脂の合成など、「高性能ネットワークポリマー」の開発を進めるとともに、バイオマスであるリグニンを原料とした熱硬化性樹脂の開発にも取り組んでいます。

### 2. 新規感光性ポリマーの開発

ポリカーボネートやポリイミドなどの市販エンブレを含む広範なポリマーへの感光性付与を可能にする「反応現像画像形成法 (RDP)」を中心に、新規

感光性ポリマーの創出に取り組んでいます。現在は、RDPの適用可能範囲の拡大や、さらなる新原理の開発などについて研究を進めています。

### 3. ポリペプチド側鎖の動的組換えによる機能発現

可逆的な解離・再結合が可能である「動的共有結合」を側鎖に導入したポリペプチドを合成し、側鎖の動的組換えに基づく機能の発現を目指した研究を行っています。現在は、分子認識能や不斉認識能を有するポリペプチドの創出に向けた検討を進めています。

4. ピリジン置換型オルトフェニレン類の機能開拓  
ベンゼン環がオルト位で連結したオルトフェニレン (oP) の一部をピリジン環に置換したらせん状分子 *N*-oP について、動的共有結合部位の導入に基づく新規機能性分子の創出に向けた研究を進めています。



大山俊幸 教授

## 光物理化学研究室

物質の色や重要な感覚である視覚や植物の営む光合成など多くの自然現象は、分子が光を吸収してエネルギー的に高い状態（励起状態）になることに関係します。励起された分子は“興奮状態”にあるため、“冷静状態”である励起前の状態とは異なる振る舞いをします。光化学反応の謎を解くためには、安定に存在する反応前と反応後の化合物を調べるだけでなく、反応の途中経路を調べる必要があります。私たちの研究室では、紫外・可視光を用いて励起分子を生成後、その励起分子が消滅する前に励起分子を観測する研究や、“興奮状態”の酸素である活性酸素および紫外線吸収分子の光励起状態に関する研究を行っています。

また、有機化学、光化学、物理化学を駆使して新しい機能をもつ「物質（分子）を創り、その物性を明らかにする」研究も行っています。「物を創る」ということは新しい分子や材料、新しい反応などを

分子レベルで設計・合成し、その物性や反応性を分子構造や電子状態から理解することです。具体的には、ベンゼンやナフタレンのような $\pi$ 電子共役系有機分子、光応答性分子などの有機材料の創製および光物性解明を目指した研究を行っています。



菊地あづさ 准教授

2022年度は大学院生（博士前期課程）と卒研究生とともに下記のテーマで研究しています。

1. 生体内光増感分子による一重項酸素の生成および生成抑制の研究
2. 食用色素分子光増感一重項酸素の生成抑制
3. 一重項酸素および一酸化窒素蛍光プローブの新規創製

## 分析化学・アストロバイオロジー研究室

生命の惑星である地球は、宇宙空間の塵が集まって太陽系が形成されると共に約46億年前に誕生し、約38億年前には最初の生命が生まれていたと考えられています。小惑星を起源とする隕石からはアミノ酸を含め多様な有機物が検出されており、太陽系の天体や太陽系のもととなる星間分子雲などからも様々な有機分子が検出されています。このように、宇宙には生命の原材料になるような有機物が多く存在しており、これらの一部が隕石や惑星間塵として原始地球にもたらされた可能性があります。当研究室では、このような宇宙の有機物がどこでどのように形成・進化を遂げたのか、また、地球の生命起源やさらには地球以外の天体での生命の存在の可能性を探るため、分析化学をベースとした実験的研究を行っています。

例えば、星間物質を模したガスに陽子線などを照射し、宇宙空間での有機物の生成の可能性を検証しています。また、隕石母天体である小惑星には、かつて放射性核種の崩壊熱で氷が融けて液体の水が存在したことが知られています。そこでこのような水

熱環境の模擬実験を行い、熱やガンマ線によって水・アンモニア・ホルムアルデヒドなどの単純な分子からアミノ酸や糖などが形成されることがわかってきました。

一方で、隕石に最も多く含まれているのが、不溶性有機物と呼ばれる複雑な高分子有機物です。これらは隕石母天体である小惑星で受けた水熱過程などを反映した様々な分子構造をもっています。赤外分光法、X線分光法、質量分析法などを用いて、これらの有機物がどのように形成され、進化したのかを調べています。また、はやぶさ2帰還サンプルの初期分析チームへの参加や国際宇宙ステーションを用いた宇宙実験も行っており、多角的な観点から宇宙における生命の起源・進化・分布・未来に関する学問分野であるアストロバイオロジーを推進しています。



癸生川陽子 准教授

## 規則性多孔体研究室

私たちは、前身の辰巳敬研究室の伝統を引き継ぎつつ、独自の切り口で規則性多孔体の研究を行っています。2004年8月に窪田が当時の辰巳研究室に助教授として加わり、辰巳・窪田研究室となった後、辰巳教授が東京工業大学資源化学研究所へ異動されたことに伴い、2005年4月に窪田研究室としてスタートしました。2007年11月に窪田が教授に昇任した後、2008年1月に稲垣怜史助教（当時の学際プロジェクト研究センター所属）を迎え、2012年4月に同氏が准教授（工学研究院）昇任して現在の研究体制となりました。

当研究室では「規則性多孔体の設計・合成と応用」をテーマの中心に据え、ゼオライトやメソポーラス材料に注目して研究を進めています。研究へのこだわりは「材料の合成を自分自身で行うこと」にあります。材料そのものの調製法を体得し、自ら改良していくことによってこそ高機能材料の創成が可能となり、また学生も化学産業を支える人材として成長すると考えています。

過去15年間の研究成果として、新型ゼオライトを利用した高性能触媒の開発が挙げられます。例えば、Al-MCM-68がヘキサンの接触分解でZSM-5を超えるプロピレン選択性を示すことを見出していま



窪田好浩 教授



稲垣怜史 准教授

す。また、Ti-MCM-68がフェノールの酸化触媒としてTS-1に比べて非常に高い活性とパラ選択性を発現することを明らかにしています。これらの研究がきっかけとなり、ごく最近、YNU-5と名付けた全く新しい骨格構造のゼオライト合成に成功したことが特筆に値します。さらに、規則性メソポーラスカーボンの、電気二重層キャパシタやリチウムイオン二次電池の電極材料としてエネルギー分野への応用にも取り組んでいます。電極材料の調製には、触媒調製化学の知見を大いに活用できます。

以上のように、触媒化学を足がかりに分野を超えた学際的な研究への展開を図ってきました。最近ではCO<sub>2</sub>の排出削減などの社会的要請に基づく研究テーマも増えています。

## 物理有機化学・分子設計研究室

物理有機化学は、有機化合物の化学構造と反応性や機能性を物理学の手法と精密さで研究する学問分野です。従来の化学式に頼っている有機化学では不十分であった有機化合物の3次元的な立体構造と電子的な特性を、計算、実験、スペクトル分析で明らかにし、反応開発、全合成、機能物質の分子設計などを行うことを目的として研究を行っています。現在、研究テーマとしては、主に下記のものを行っています。

### ①抗酸化能の予測や抗酸化物質の設計と合成

活性酸素とは酸化反応を促進する因子であり、体内ではエネルギーが作られるときや、体に紫外線が当たったときなどに発生し周囲の物質を酸化させます。私達の研究室では、抗酸化物質の構造的特徴と抗酸化能の関係性について調べ、新たな抗酸化物質の設計と合成を行っています。

### ②医療用放射線の3次元的可視化

放射線によるがん治療は、放射線がまず細胞の

70%を占める水分子に作用してラジカルが生じ、そのラジカルが間接的に構成分子（がん細胞や正常細胞）を攻撃する場合があります。私達の研究室では、医療用の放射線をゼリー（人体を模擬）に照射し、どのようにラジカルが発生するかを3次元的可視化するツールの開発を行っています。

### ③立体選択性の可視化と予想

有機化学反応においてその反応性は電子的要因だけでなく、立体的要因、すなわち反応点周辺の立体障害も影響することが知られています。この立体障害を可視化することで、ニトロキシドやケトンの還元反応性と立体選択性を説明するツールの開発を行なっています。



五東弘昭 准教授

## 生物物理化学・構造生命化学研究室

生物物理化学・構造生命化学研究室は児嶋が2016年4月に教授として着任し、川村准教授とともに立ち上げた生体系 NMR の新しい研究室です。横浜国立大学の化学系には、宮澤辰雄教授、阿久津秀雄教授、内藤晶教授、河合剛太教授、藤原敏道教授、片平正人教授など、生体系 NMR 分野の著名な研究者が多数所属され、世界をリードする成果の発信だけでなく、坂本太一教授や佐藤毅教授など多数の優秀な研究者を育ててきた歴史があります。我々の研究室では、この NMR 研究の DNA を受け継ぎ、日々の研究・教育に邁進しております。

NMR は化学者が最も得意とする分析法の一つであり、生理条件下での立体構造解析が唯一可能な手法です。児嶋グループでは、この NMR を軸として、大腸菌・細胞・植物を用いた試料調製や機能解析、超高磁場 NMR 装置や大型放射光施設を用いた機器分析、等温滴定量熱量計や NMR を用いた解離会合の平衡論的速度論的解析、スーパーコンピューターを用いた計算機実験など、最先端の構造・機能解析



児嶋長次郎 教授



川村 出 准教授

を行い、生体高分子や生命活動の謎を解明し、化合物による生命現象の制御に挑戦しています。

生体分子の中でも細胞膜上の膜タンパク質は信号伝達、イオン透過、物質輸送などを制御して生命活動に重要な役割を果たしています。また、細胞膜は抗菌活性ペプチドの反応場やアミロイド線維との相互作用などにおいてもその分子機構は注目を集めています。川村グループでは、固体 NMR 法を駆使して、細胞膜結合分子の構造と機能の相関を分子レベルで明らかにする研究を展開しています。

## 材料界面化学研究室

上田一義教授とともに分子シミュレーション研究室として長らく研究を行ってききましたが、上田先生のご退職にともない、2019年度以降は、材料界面化学研究室として引き続き上田先生のご協力も得ながら、研究室を運営しています。界面物理化学、計算機シミュレーションなどの分野を基礎として、主に新エネルギーをテーマとした研究に取り組んでいます。

ここ数年、ペロブスカイトという有機-無機ハイブリッド材料を用いた太陽電池の開発が注目を集め、関連のニュースが巷でもよく聞かれるようになってきました。私たちの研究室ではペロブスカイト型太陽電池が見いだされる以前から、有機薄膜型太陽電池という有機系の太陽電池の研究を行っており、そこで蓄積した経験を活かし、それに類似の構造を持ったペロブスカイト型太陽電池についての研究を行っています。太陽電池の内部構造は、光吸収及び電荷生成に必要な材料や電荷輸送、電極機能を受け

持つ材料などの薄い層がいくつも積層した構造で成り立っています。私たちはそれらの機能を持った材料層の連携を生み出すためのキーポイントとなる界面の性質に着目した研究を行っています。



迫村 勝 講師

太陽光発電以外にも TENG (Triboelectric nanogenerator) と呼称される摩擦帯電を利用したナノ発電デバイスも近年、注目されています。私たちの研究室でもその基礎となる摩擦現象についての研究を行っています。一つ一つのデバイスが生み出す発電量は小さくても、必要な時に必要な場所で給電することを可能とする TENG のような技術はこれからの社会でますますニーズの高い技術となってくるでしょう。

## 光反応動力学研究室

「不安定」これが当研究室のターゲットです。安定なところには変化はなく、不安定な所にこそ、面白いものが潜んでいるのです。不安定な場を作り出し、そこからの変化を見ていくことが、新しい何かにつながると考えています。不安定なものからの変化とは、科学の言葉では「反応」と呼ばれています。私たちの研究室ではこの反応なるものの、本質の追求と応用を日夜、研究しています。たとえば地球の大気は一見安定なように見えますが、その実、大きな変化をしており、人間社会に大きな影響をもたらしています。地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、異常気象など、大気の変化がもたらす影響は将来人類の行く末に大きな問題を投げかけています。その一つ一つに科学的なメスを入れ、その影響を正確に二一〇〇年平価し、将来に備えることこれも私たちの研究の応用として、大きな研究テーマです。

現在、地球大気は多くの問題を抱えており、我々の将来について不安な影を投げかけています。

以下列記してみますと

1. オゾンホール等の成層圏オゾン減少に伴う紫外線の増加
2. 地球温暖化ガス(二酸化炭素、酸化窒素、フロンハロン類など)の増加により、生じる気温上昇と気候変動
3. 酸性雨による植生の変化
4. 環境ホルモンなどの化学物質による生態系への影響



關 金一 准教授

まだまだ揚げればきりがありません。これらの問題を解決するにあたり共通しているのが、大気中における化学反応をどのように捉えていくかという点です。本研究室ではレーザーを駆使した分光学的手法を用いてこの問題の解明に挑んでいます。

## 先進セラミックス研究室

私たちの研究室では、粉体材料プロセッシング技術を最大限に活用して、原子～ナノ～ミクロスケールで構造制御された環境・エネルギー・情報機器に貢献する先進セラミックスや複合材料を創ることを目指しています。このためには、部材の微構造を能動的に作り込んで所望の特性を引き出す技術の構築や、できるだけ部材を破壊しにくくする、すなわち機械的信頼性の向上を実現しながら材料を製造する手法の確立が不可欠です。我々は、これまでに勘と経験に頼りがちだった粒子合成・分散・成形・焼結・加工といったセラミックスや複合材料の粉体プロセスをより科学的な立場から解明したうえで、的確に制御、活用するための研究を行っています。

例えば、光コヒーレンストモグラフィーによる3次元非破壊リアルタイム微構造評価技術をセラミックス製造工程に適用することで、セラミックスプロセス中での微構造形成過程の理解に取り組んでいます。さらに、粒子界面設計やマスターシンタリングカーブを基軸として構造形成過程の制御因子を科学的に解明し、セラミックスプロセスチェーンの最適化を目指しています。微構造形成過程の積極的な制御手法としては、大きさの異なる粒子に機械的に圧密せん断力を作用させることによって複合粒子を作



多々見純一 教授



飯島志行 准教授

成する手法を活用したり、独自の微粒子表面修飾剤の設計によって各種微粒子・ナノ粒子の液中での分散・集積構造を能動的に制御する手法を開発しています。これらの粉体プロセスを総合的に活用し、配向構造を制御した高熱伝導率な窒化ケイ素セラミックス、材料中における欠陥構造や散乱源を究極に減らした透明蛍光窒化物セラミックスや、バルク体並みの機能を発現する複雑形状セラミックスなどの開発に力を入れています。また、これらのセラミックス粉体プロセスのエッセンスを活用し、新規ポリマーナノコンポジット材料の開発にも取り組んでいます。

(研究室 HP <http://ceramics.ynu.ac.jp>)

## 電気化学研究室

当研究室では電気化学デバイスを構成するイオン、分子、機能性無機材料、機能性有機材料（高分子など）の構造、物性、反応に関する研究に取り組んでいます。例えば、リチウムイオン二次電池は、高エネルギー密度で高出力な電池であることから、様々な携帯機器や電気自動車の電源として広く普及していますが、我々はリチウムイオン二次電池のさらなる高性能化や、革新的な性能を有する次世代蓄電池の実現に向けて、新規電極材料や新規電解質の研究開発を精力的に行っています。

電池内部で起きる電気化学反応は、電極と電解液の界面で起こりますが、この反応には電解液の物理化学特性が大きな影響を及ぼします。我々は、難燃性のイオン液体を次世代二次電池の電解液に適用する研究や、新規電解液の開発およびその物理化学特性に関する研究を進めています。例えば、有機溶媒に対しリチウム塩を高濃度に溶解させた濃厚電解液を高分子網目に閉じ込めたゲル電解質を作製しています。これらの熱物性、構造、電離状態、イオン伝



獨古 薫 教授



上野和英 准教授



小久保 尚 特別研究教員

導メカニズム、電気化学特性に関して最新の解析技術を用いて解明し、これらを高エネルギー密度の次世代リチウムイオン二次電池やナトリウムイオン二次電池、リチウム硫黄電池などへ適用する応用研究も展開しています。

また、電極／電解液の界面における電荷移動反応とそれに伴う物質移動（拡散や泳動）が起こりますが、我々は電池の正極および負極と電解液の界面における電荷移動反応メカニズムや物質移動過程を最新の計測技術を駆使することで解明することに取り組んでいます。これにより、電気化学反応を支配する因子を明らかにし、電池を高効率に作動させる指針を提示することを目指しています。

## 有機合成化学研究室

人間の生命活動維持に必要な生理活性・生物活性有機化合物と、人間の生活を豊かにすることに役立つ機能性有機化合物の有効な合成法を研究しています。佐藤菊正教授、井上誠一教授、本田清教授によって紡がれてきた有機合成化学のDNAを引き継ぎつつ、さらなる発展を目指して日々教育・研究に精進しています。有機合成化学分野の発展は目覚ましく、過酷な当量反応が主流だった時代から穏和な触媒反応が当たり前になり、現在はさらにその先の電子を触媒とした反応の一般化を目指して活発に研究がなされています。これらを踏まえつつ、当研究室では以下の視点から研究に取り組んでいます。①【分子と光と電子の相互作用によって織りなされる新しい有機合成反応】よりクリーンで低環境負荷型触

媒反応としてフォトドックス触媒反応に着目しています。②【含酸素縮合多環式生物活性化合物の短段階かつ選択的合成手法の開発】自然界から単離される生物活性化合物には含酸素縮合多環式化合物が数多くあります。縮合多環式複素環は $\pi$ 共役分子としても大変興味深く、有機光学材料など様々な分野での応用が期待される分子です。アトムエコノミー100%の付加環化反応を巧みに利用して短段階かつ選択的合成法の開発を行っています。



星野雄二郎 准教授

## 機能性色素化学研究室

機能性色素は、主にエレクトロニクス分野において利用される色素であり、用途に合わせた選択的な光吸収や、外部刺激に対する応答性が求められています。これまで、色素の様々な機能性について研究開発が進められ、光記録材料や電子写真用感光材料、有機電界発光材料などとして、私たちの身近な場所で活躍しています。また太陽光発電用材料や半導体材料など、これからの社会を形成する素材の一つとして今も研究開発が進められています。ここで紹介した用途において所望される性質を持つ固体色素材料の開発には、色素の分子構造と固体物性の関係を明らかにすることが必要です。本研究室では、機能性を持つ色素結晶の分子の構造及び配列を解析し、分光測定や熱分析測定等で得られた結晶の物性と構造の相関について量子化学計算などの手法も活用して研究を進めています。最近では、同じ物質が複数の異なる構造の結晶を発現する結晶多形現象に着目して色素開発を進めており、色調や蛍光特性の異なる結晶多形の構造物性相関や、多形間の熱相転移挙動

に伴う結晶の動的挙動などに関して研究成果を発表しています。このように本研究室では、主に結晶構造に基づく色素の機能性を解釈し、新しい分子設計の指針を導くことを目的に研究を進めています。



機能性色素研究と並行して、このような素材開発が目指す未来に位置付けられる持続可能性社会の形成に関わる研究課題も進めています。この課題の軸は、製品や社会インフラのライフサイクルを学ぶことを基礎とした環境教育の教育研究活動です。この活動では、新しい教材開発に加え、ライフサイクルの学びが意識や行動の変容にもたらす影響の調査や、高等学校で開始された探究学習への活用などの研究に取り組んでいます。

松本真哉 教授

## 協奏的触媒作用研究室

協奏的触媒作用研究室は本倉が2021年4月に教授として着任し立ち上げた、触媒に関する新しい研究室です。2022年4月に長谷川助教が着任し、現在の体制になりました。当研究室では、新しい触媒・触媒作用の創出と、それに基づく環境調和型化学反応の開発を目指しています。触媒とは化学反応を制御するためのキーマテリアルであり、高性能触媒の開発は物質生産の高効率化を実現し、環境にやさしい文明社会へと導きます。

金属錯体・金属ナノ粒子・有機分子・無機担体表面官能基・固体酸塩基触媒等が触媒作用に協奏的に関与することで、反応の加速・連続反応の実現・不活性分子あるいは不活性結合の活性化を可能とする、新しいタイプの触媒開発に取り組んでいます。我々の研究で得られた成果・知見としていくつか例を示します:(1)固体表面の適切な距離に配置された金属錯体と有機分子は、両者が協奏的に基質分子を活性化できるため、C-O結合やC-B結合の切断を経由する有機合成反応を促進します。(2)固体酸触媒と担持金属触媒を組み合わせると、アルカンのC-H結合を選択的に切断し、芳香族化合物との脱水素型カップ



本倉 健 教授



長谷川慎吾 助教

リング反応を加速する触媒系が構築できます。さらに、(3) Si-Si結合の切断に有効なフッ化物触媒を用いることで、金属ケイ素を還元剤とする二酸化炭素の効率的な還元反応が可能になります。種々の物理化学的・分光学的手法を組み合わせ、これらの触媒作用・反応機構の解明にも力を入れており、さらなる高性能触媒開発の指針としています。

このように当研究室では、固定化触媒(固体触媒)・分子触媒(均一系触媒)の枠を超えた新しい触媒・触媒反応系の創出を目指し、高効率ファインケミカルズ合成・多様な資源の化学品転換を実現します。

## 固体エネルギー化学研究室

世界中で脱炭素社会の実現と自動車の電動化が急速に進んでいます。その鍵となる技術が動力源となるリチウムイオン電池です。リチウムイオン電池を構成する材料はリチウムインサージョン材料と呼ばれており、電子とリチウムイオンを吸蔵・放出する特性を持っています。研究室では、固体化学に立脚した新しいリチウムインサージョン材料の探索と、リチウムイオン電池の高性能化を実現するための方法論を確立するための研究を行っています。また、これらの材料の電子とリチウムイオンの吸蔵・放出の詳細なメカニズムを解明するために、放射光 X 線や中性子線を用いた測定と解析を行っています。2021 年には世界中でリチウムイオン電池を搭載した電気自動車が 600 万台以上も販売されました。その結果、リチウム資源の価格が高騰しています。そこで、リチウムを利用しない電池系実現への期待も高まっています。研究室ではリチウムの代わりに、

資源が豊富なナトリウムを吸蔵・放出するような特徴を持ったナトリウムインサージョン材料の研究も行っており、これらの材料を用いることでより安価なコストで電気を蓄える、ナトリウムイオン電池実現



藪内直明 教授

へに向けた研究も進めています。このような資源が豊富な元素を用いた低コストな電池が実現すれば、電気自動車の価格が下がるだけではなく、太陽光発電といった自然エネルギーを一時的に蓄える用途で電池の利用も期待でき、自然エネルギーの有効活用に繋がるのが期待できます。研究室では自動車の電動化と自然エネルギーの活用を通して、化石燃料に依存しない脱炭素社会実現を目指した研究に取り組んでいます。

## 錯体化学研究室

当研究室では、元素戦略の観点から汎用金属元素に注目し、それらの金属錯体の研究を基盤として有機・高分子合成化学に資する錯体触媒の開発を目指しています。金属錯体の触媒性能は、その金属に賦与された固有の特長に加え、金属上での基質との反応をコントロールする配位子が重要な鍵を握っています。そこで、目的とする新規錯体の合成法を確立するとともに、これを用いた触媒反応を通じて錯体触媒の活性や選択性の向上を検討しています。

### ①カルベン配位子を有する金属錯体の研究

含窒素環状カルベン (NHC) は高い電子供与能と金属との強固な結合形成能を有しているため、錯体触媒における重要な配位子です。しかし、NHC は湿気や酸素に対して不安定であることから、必ずしも目的とする NHC 錯体の合成法は確立されているとは言えません。私たちはホウ素や銀化合物を“NHC の保護基”として用いることにより効率的な NHC 錯体の合成法を見出しました。この手法を用いて新規な金属錯体触媒の開発に取り組んでいます。

### ② 3 座ピンサー型配位子を有する後周期金属錯体の研究

3 座ピンサー型配位子は金属錯体の安定性と反応性の相反する二つの側面を巧みにコントロールすることが期待できます。そこで



山口佳隆 教授

アセチルアセトン (2, 4-ペンタンジオン) を利用した 3 座配位子とその金属錯体の研究に取り組んでいます。鉄錯体はクロスカップリング反応やスチレン類の原子移動型ラジカル重合反応において高活性な触媒として機能しました。ニッケル錯体では、不活性な結合 (安定な結合) の切断を伴う炭素-炭素結合生成反応や不飽和結合に対する付加反応において、高い触媒活性や選択性を示すことを明らかにしました。現在、更なる高効率・高選択的な基質変換反応を可能にする錯体触媒の開発に取り組んでいます。