

本号では、国大化学会の構成母体である理工学部化学E Pの研究室と在籍教員を紹介いたします。会員の皆様が在籍されていたころと研究内容やテーマで異なってきている部分も多くあるのではないかと思います。内容をご理解いただき、より身近に感じていただければと思います。今回の原稿は、各研究室の教員から投稿いただきました。

(※なお先端環境計測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。なかでも二次元界面（電極界面）での反応に起因した低スケール収率を克服するための新規電解技術手法の開発が台頭してきており、国内外の多くの研究グループがこれに着手しております。このような背景において、当研究室では特殊反応場に基づく高効率・高選択的な有機電解反応プロセスの開発を推進しております。とくに超音波や遠心場などの力学エネルギー場、イ

オン液体や超臨界流体などの特殊反応メディア場、そしてフローマイクロリアクターによるマイクロ反応場を反応制御に用いる有機電解プロセスの基礎と応用で下記のような新しい研究提案を行っております。



- ①有機電解反応における超音波利用のための方法論的指針の確立と超音波効果の解明  
②電解反応に基づく機能性高分子材料合成法の開発  
③遠心場における有機電解反応プロセス  
④イオン液体および超臨界流体中における有機電解反応プロセス  
⑤マイクロリアクターおよびPEM形リアクターを活用する電解合成プロセスの開発

本学、横浜国立大学に異動してからはや8年が経ち、卒業生の皆様の活躍も聞こえてきております。上記のようなテーマを通じ、PDCAサイクルをしっかりと身につけ、将来それぞれの分野で活躍できる多くの人材をこれからも輩出してまいります。

## 無機材料合成研究室

これまでの無機材料開発は、化合物組成が特性を、合成手法が用途を決めてきました。しかし、新しい材料合成プロセスを開発し、精緻な材料組織を織り込むことで、これまで考えもよらなかった価値や物性を、既存の実用材料に付与することができます。この目的を達成するために、主に独自に発展させてきた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を行っています。

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、半導体向けの機能性薄膜デバイスからガスタービン向けの耐環境性厚膜被膜まで、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がわかってきました。現在は、共晶反応を取り入れた気相析出プロセスの開発に取り組んでおります。他にも、次世代ターボファンエンジン用繊維強化セラミックス複合材料向け界面制御コーティング技術

の開発や高速化学気相析出法を活用した未踏レーザー媒質の探索を実施しています。

伊藤研究室のテーマは、いずれも実際に無機材料を合成し、手に取り、観察できる点に魅力があります。

さらに、化学気相析出装置は、すべて手作りです。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、結晶自形と回折像から成長方位を解いたときの爽快感、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、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

2018年4月に独立して新たなスタートを切った研究室です。有機合成化学を基盤として、有機光化学や超分子化学に関する研究を展開しています。有機合成化学は、「新しい分子」を生み出すことのできる学問です。有機分子は、その「構造」に特有の「機能」をもっており、医薬品や香料、液晶、色素、太陽電池など様々な用途に応用されています。私たちは、将来的な実用化を目指した「最先端の新機能」をもつ分子の研究を進めています。

### 1. メカノクロミック発光

有機分子の中には、光を当てて励起すると発光する色素分子があります。私たちは、薬さじで「こする」などの刺激を加えることで発光色が変わる「メカノクロミック発光性」の色素分子について研究しています。このような色素は、圧力センサーや偽造防止用インクなどへの応用が期待されています。

### 2. キラルジアミンの不斉合成

右手分子と左手分子を作り分ける「不斉合成」は、生命科学や材料科学の分野において重要なキラル分子を選択的に得ることのできる優れた手法です。私

たちは、二ヶ所の不斉点を同時に構築する不斉合成法によるキラルジアミン類の合成とその不斉識別能に関する研究を進めています。

### 3. 円偏光発光

光の電場ベクトルが回転しながら伝播する円偏光は、3次元ディスプレイや光通信などの次世代光情報技術への応用が期待されています。私たちは、不斉合成の技術を駆使して、効率よく円偏光を発する色素分子や、円偏光発光のスイッチング特性を有する色素分子の合成に取り組んでいます。

研究室では、学生一人ひとりが異なる研究テーマ（世界初の分子の合成！）に取り組み、主体性をもって研究を進めていきます。また、学生が日常的に何でも教員に相談できる環境を大切にしており、「研究を通じた学生の成長」を第一に考えて研究を進めています。



伊藤 傑 准教授

## 分子シミュレーション研究室

■キーワード：バイオミメティック、計算化学、人工光合成、有機太陽電池

### ■研究 / 教育概要

生物はたんぱく質、脂質、糖鎖などの生体高分子を組織化し、様々な機能を発揮しています。例えば細胞表面にある糖鎖は相互作用や構造変化を通して細胞認識や生体調節を行っています。また、植物は光エネルギーを効率的に生体内に取り込んでいます。

私たちの研究室では、このような生物の持つ機能を模倣し、効率的な材料の開発を行うことを目的に、高分子溶液・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研究に取り組んでいます。

**構造と相互作用を探索する**：溶液内あるいは分子集合体における生体高分子の構造や相互作用の理解はバイオミメティックの基礎として重要です。しかし、糖鎖は他の生体高分子に比べ、実験による解析が困難な場合が多く、構造などの解明が進んでいません。そこで計算機シミュレーションを用いて、糖鎖の分子間相互作用、溶媒との相互作用を調べ、機能開発に結びつける研究を行っています。

**生物に学ぶ**：化石燃料の枯渇や環境保護の観点から、太陽エネルギーの有効利用に向けた取り組みが期待を集めています。その一つに人工光合成系の構築という生物に学ぶアプローチがあります。植物の



上田一義 教授



迫村 勝 講師

光合成では、光エネルギーから電気エネルギーへの変換が実に効率良く行われています。光合成の機能を人工的に実現するため、界面化学的分子集積法による有機超薄膜を機能単位とした分子デバイス、太陽電池などを作製しています。

**分子の挙動を捉える**：膜など分子集合系における分子配向や会合状態の制御は、機能実現の鍵となる技術です。分光法や計算機シミュレーションを用いて、このような系での分子の挙動を調べています。

さらには、電気化学計測、走査プローブ法等を駆使した物性解析、機能評価などを行い、より高機能のバイオミメティック系を目標とした分子エンジニアリングを検討しています。



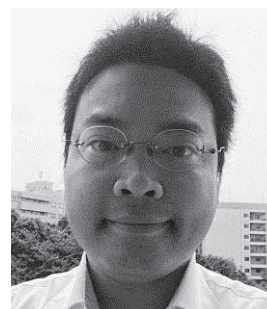
## 光機能化学研究室

この21世紀は光の時代とされています。光によって機能を制御できるインテリジェント分子や材料は将来の光テクノロジーの基盤となります。ここでは、光と物質との様々な種類の相互作用が鍵となっています。光とは広義には電磁波のことで、 $\gamma$ 線、X線、紫外線、可視光線、赤外線、マイクロ波、ラジオ波など、波長によって異なる名称があり、物質に対して異なる作用をします。私たちはこの中でも紫外線から可視光線を中心とした狭義の光を扱っています。この光と物質の相互作用の攻究により、次世代の光電子デバイスの創製を目指した基礎研究を行っています。

研究テーマは、光の刺激によって分子の構造が変化し、熱や別の波長の光によって元の構造に可逆的に変化するフォトクロミック化合物を基盤としています。これらフォトクロミック化合物を学術分野でも産業分野でもどこかで広く役に立つものとするべく、微力ながら取り組みを開始しています。そのため、しばしば溶液中で評価されるフォトクロミック化合物そのものの機能も重要ですが、フォトクロミック分子が置かれると想定される固体媒体中



生方 俊 准教授



中川 哲也 助教

における機能にも注目していきたいと考えています。最近ではアモルファス固体中において、低分子化合物と高分子化合物の間を光でスイッチできるフォトクロミック化合物に興味をもって研究を進めています。

2013年4月に研究室を立ち上げてから、研究室のメンバーは修士課程と学部学生で多くても8名でした。今年度は、昨年度に定年退職を迎えられた横山泰先生の研究グループと一緒に研究を実施する機会を得、瞬間的ではありますが大所帯になりました。複数名のスタッフと自由に意見を交わし合える貴重なこの1年間を大切に過ごしたいと考えております。

## 構造有機化学研究室

資源問題、エネルギー問題、あるいは地球環境保全問題への対応を見据えた21世紀型の科学・技術に寄与することを目指して、新規有機 $\pi$ 共役系分子の創製と物性に関する研究を行っています。有機 $\pi$ 共役系分子の多様性に着目し、新しい有機 $\pi$ 共役系分子を設計・合成し、その構造と特性を詳細に調査して、構造と機能発現との関係を明らかにすることを目的とした研究を行っています。最近では単分子の性質ばかりではなく、 $\pi$ 共役分子の集合体と機能発現との関係にも着目した研究も行っていきます。以下に当研究室が取り組んでいる研究の幾つかを簡単に紹介します。

1. 非ベンゼン系七員環芳香族化合物であるトロポロンの特性を生かした機能性色素や新規環状多量化錯体に関する合成と物性に関する研究を行っています。例えば、新規トロポロン系グレッツェル型太陽電池用色素を設計・合成し、それらの構造、吸収特性、レドックス特性、および光電変換特性を調査しました。さらに、トロポロンの錯形成能を生かした三量化環状 $\pi$ 共役Pd<sup>2+</sup>錯体がフラーレン(C

60)と1:1包摂体を形成し、超分子構造体になることを見出しています。

2. 2枚のアントラセンを2組のビフェニリレン構造で連結した剛直な新規環状オリゴフェニレン分子を設計・合成し、その構造、吸収特性、あるいは蛍光特性を調査しました。その結果、この $\pi$ 共役系分子はCu(I)イオンと環状1:1錯体を形成し、その錯形成挙動によって光物性が大きく変化することを明らかにしました。

3. 剛直な巨大環状 $\pi$ 共役系分子の研究の一環として、主に $\pi$ 拡張大環状オリゴチオフェンに関する研究も行っていきます。このような系では、嵩高い置換基を導入することにより色調変化を伴ってモルホロジー変化を示すなど、ナノ集積体として新しい機能が発現しました。



大谷 裕之 教授

## 機能性高分子化学研究室

高分子は生活のあらゆる分野に浸透しており、必要不可欠なものとなっています。我々の研究室では「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、主に以下の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な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、一般に脆いという欠点を有しています。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」の開発を進めています。また、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簡便な感光性付与を可能にする新しい原理である「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膜表面の選択的修飾法への応用、さらなる新原理の開発などについて検討を行っています。



大山俊幸 教授



所 雄一郎 助教

### (3)ポリペプチド側鎖の動的組換えによる機能発現

特定の刺激下でのみ可逆的な切断・再結合が起こる「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より側鎖官能基間のフラストレーションを最小化し、タンパク質と同じく「特定の高次構造へのフォールディングにより機能を発現させる」ことを目指した研究を進めています。

### (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(N-oP)、ピリジンの性質を利用したらせん構造制御に成功しています。現在は、N-oPに金属や動的共有結合部位を導入した刺激応答性高分子触媒の開発を進めています。

## 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



菊地あづさ 准教授

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。

2018年度は大学院生(博士前期課程)と卒研生とともに下記のテーマで研究しています。

1. 一重項酸素の生成および消去の研究
2. 生体内物質による光増感反応の研究
3. 紫外線吸収分子の光励起状態

## 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。その後、2008年1月に稲垣怜史助教（学際プロジェクト研究センター所属）が合流し、2012年4月に同氏が准教授（工学研究院）となり、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10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す。



窪田好浩 教授



稲垣怜史 准教授

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。このように、触媒化学を足がかりに分野を超えた学際的な研究へ展開を図っています。

## 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、新規反応開発、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光や酸素による新規酸化反応の開発

太陽光や酸素は最もクリーンなエネルギー源の一つであり、これを有機合成に使うことが出来れば究極的にグリーンにすることができます。私たちの研究室では、光や酸素を有効に活用できる触媒や新規反応の開拓を行っています。

### ②酸化的2量化反応を鍵段階とした天然物の全合成研究

医薬品や食品などに用いられる天然物の中には、OH基を含むものが多数存在しています。また、これら化合物の中には2量化する事によって生理活性が異なるものが知られています。私たちの研究室では、ラジカル反応を用いた位置選択的



五東弘昭 准教授

2量化反応を鍵段階とした生理活性天然物の全合成研究を行っています。

### ③抗酸化能の予測や抗酸化物質の設計

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。私たちの研究室では、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を行っています。



#### ④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次元的に可視化するツールの開発を行っています。

## 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、等温滴定型熱量計や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。

## 分析化学・アストロバイオロジー研究室

生命はいかにして誕生したのか。地球外生命は存在するのか。これらは人類に遺された最大の謎のひとつですが、その解明をめざす学問領域をアストロバイオロジーとよびます。アストロバイオロジーは極めて学際的な分野ですが、私たちは、有機微量分析化学を基盤としたアプローチでこの謎に取り組んでいます。

生命は約38億年前、原始海洋で誕生したと考えられていますが、生命の誕生に至る物質進化の場となる、宇宙空間、隕石母天体、惑星大気、原始海洋などをモデルとした実験と、隕石などの地球外物質の分析を行い、どのような条件下で、どのような分子や機能が生成可能かを検証しています。

模擬実験の例としては、暗黒星雲中の塵（星間塵）をモデルとして、メタノール・アンモニア・水の混合氷に、重粒子線加速器（放射線医学総合研究所）からの宇宙線に近い高エネルギーの粒子を照射しています。生成した複雑な有機物を分析することにより、生命の基となる分子が宇宙空間で生成することが示されました。

また、炭素質コンドライトと呼ばれる隕石には、様々な有機物が含まれています。このような隕石中



小林憲正 教授



癸生川陽子 准教授

の微量なアミノ酸や、不溶性有機物と呼ばれる複雑な高分子有機物をFT-IR、X線分光法（XANES）、質量分析法などを用いて分析し、これらの有機物がどのように形成し、進化したかを調べています。さらに国際宇宙ステーション上で宇宙塵を捕集・分析する「たんぼぼ計画」も進行中で、現在、採取された試料の分析を行っています。

火星や木星・土星の水衛星（エウロパ・タイタンなど）に生命が存在する可能性が議論されています。そのモデルとして地球の極限環境（砂漠・海底・南極など）試料中の有機物や微生物の評価法を研究しています。その結果をもとに、将来の火星などの地球外生命探査法を提案していく予定です。

## 材料量子化学研究室

密度汎関数法などの量子化学的手法を用いた理論計算により、電子材料の研究をしています。研究は基礎的ですが、電子材料は基礎と応用の距離が近く、新物質の提案は新材料の開発に結び付きます。

1層の2次元シートであるグラフェンが通常の2次元シートにない電子構造から新材料として注目されていますが、ケイ素の2次元シートも合成が報告されています。本研究室ではケイ素単独およびケイ素を構成元素のひとつとする化合物を中心としてホウ素を構成元素のひとつとする化合物も含む、2次

元の無機ナノシートの構造、安定性、反応性について研究しています。すでに、いくつかの新しい2次元ナノシートの可能性について提案しています。ドーピングなども検討し、電子材料や触媒材料としての応用も視野に入れて研究を行っています。



佐藤浩太 准教授



## 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、その影響を正確に評価し、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

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。



關 金一 准教授

## 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



多々見純一 教授



飯島志行 准教授

密せん断力を作用させることによって複合粒子を作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>)

## 精密有機合成化学研究室

天然にみられる1,5-ポリエテン構造を有するテルペン化合物や海洋天然物に多く存在する含酸素多環式化合物やアルカロイドの様な含窒素多環式化合物等には様々な生理活性を有するものが多数みられ、また生命を支え、人間の生活を豊かにする機能性材料としても重要な有機化合物です。当研究室ではこのような有機化合物の有効な合成法の開発を目指して研究をしています。特に環境への負荷低減を指向した高選択的な転位反応や環化付加反応や触媒反応の開拓を基軸として生物活性化合物の戦略的合成法の開発を行っています。例えば、新規反応活性種としての窒素イリドとオルトキノノンメチドのケミストリーはこれまで酵素を使って生体内でしかなし得なかった反応を試験管内で可能としたり、抗生物質のように微量で有効な活性を示す天然有機化合物の合成を可能にしました。主な研究テーマは以下のとおりです。

- 1) 複雑な立体構造を持つ有機化合物を正確に且つ迅速に合成する手法の研究



本田 清 教授



星野雄二郎 特別研究教員

- 2) 香気、ホルモン作用、制ガン作用、免疫賦活作用または免疫抑制作用等を有する化合物の有効な合成法の開発
- 3) 新規反応活性種の創製と新規反応の開発
- 4) 新規構造の機能性化合物の合成

想定外のことにめげずに根気強く実験を続けることができ、何か新しい物を作りたい、新しい方法を見つけたいと考えている人の育成に努めており、様々な分野で活躍できると期待しております。

## 機能性色素化学研究室

近年の目覚ましい電子技術の発展に伴って、古くから染色や顔料として用いられてきた色素が、着色以外の様々な用途に応用されるようになった。このような色素は機能性色素と呼ばれている。色素の応用範囲が着色用途以外の幅広い範囲に広がるのに伴い、様々な材料物性に適合した電子状態の分子が所望されるようになってきた。

分子とその色の関係、つまり電子状態については、量子力学を基本とした分子軌道計算により定性的に予測・検討できるようになった。分子分散状態で使用する染色などの用途にはこの手法での検討が可能である。一方、薄膜や微粒子などの固体状態において、溶液や分子分散状態と異なる色調や物性を示す色素が多く知られている。しかし、固体における電子状態まで見通した分子設計は、現在は不可能であるため、固体状態で用いる色素材料の開発においては、試行錯誤的な手法や偶然に頼っているのが実情である。分子の状態と結晶などの集合体の状態を踏

まえて色素材料を開発するためには、分子構造と結晶構造の関係と結晶状態での分子間相互作用について考える必要がある。前者は、結晶学の研究者により活発に研究が進められているが、後者についてはまだよく



松本真哉 教授

判っていない。これから  
の有機材料開発では、分子の結晶化と、結晶構造と電子状態の相関性という双方の観点から、分子に立ち戻る材料設計指針を見出すことが非常に重要である。このような観点から、当研究室では機能性色素の結晶構造と分子間相互作用、固体物性の相関関係を解明し、機能性色素に代表される有機結晶性材料の分子設計指針の創出を最終目標とし研究に取り組んでいる。

## 有機金属化学研究室

### 専門分野 有機金属錯体を用いる合成化学

有機金属化合物のもつ特異な性質に着目し、これを均一系触媒としてあるいは出発原料として利用し、有機化合物の中の特定の結合を切ったり繋いだりしながら、役に立つ物質の合成を目標とする新しい反応を研究しています。

### 最近のトピックス

I Si—Si 単結合のHOMOのエネルギーレベルはC—C単結合のそれよりも高く逆にLUMOのエネルギーレベルは低い。Si—Si単結合を主鎖にもつポリシラン類は隣接するSi—Si結合同士の軌道間相互作用により $\sigma$ 電子がケイ素主鎖に沿ってあたかも $\pi$ 電子のように非局在化する $\sigma$ 共役のため、光や電場による電子励起が容易におこる。このような性質からポリシランはポリアセチレンのように導電性材料や光半導体として優れた特性が期待され、応用研究が活発に行われている。私たちは、有機金属錯体触媒を利用することでこれまで得ることのできなかった様々な官能基を有する高分子量のポリシラン類を合

成し、それらの機能性材料としての特性を明らかにすることを目的として研究しています。

II ポリシロキサンはSi-O結合を繰り返し単位とした無機高分子の代表例である。Si-O結合はイオン結合性が強く、強固で熱的安定性が極めて高い。一方、この結合は柔軟で、C-C結合から構成される有機ポリマーよりも主鎖が動きやすいという特徴をもつ。これら特性を反映してポリシロキサンは優れた耐熱性、耐候性、耐寒性、電気絶縁性、離型性、撥水性など特異な性質とオイル、樹脂、ゴムなど多様な製品形態を示すことから現代文明の様々な分野でなくてはならない素材として利用されてきた。私たちは有機金属錯体触媒を利用することでこの機能性を有するポリシロキサンを合成することを研究しています。



湊 盟 准教授



## 固体エネルギー化学研究室

環境問題の観点から世界中で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、固体化学に立脚して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。

2017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100万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、新しい電池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化へと向けた研究も進めています。

また、リチウム資源の価格高騰に反して、太陽光



藪内直明 教授



綿貫竜太 特別研究教員

発電といった自然エネルギーのコストが急速に下がっています。現在では、原子力発電や火力発電と比較しても、太陽光発電を用いることでより低コストで発電することも可能になっています。しかし、自然エネルギーはまさに自然まかせであり、安定なエネルギー供給源とはいえません。そこで、低コストの超大型蓄電池と組み合わせれば、より安定なエネルギー供給源として利用することが可能になります。ナトリウムイオン電池はこのような用途にも利用できるかと期待できます。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、化石燃料に依存した社会からの脱却を目指して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（有機化合物）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



山口佳隆 教授



橋本 徹 助教

“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。現在、本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引き出すことができることから、精力的な研究が展開されています。

私たちはアセチルアセトン (2,4-ペンタンジオン) から容易に誘導することかできる3座配位子とその金属錯体の研究に取り組んでいます。鉄錯体はハロゲン化アルキルと芳香族 Grignard 反応剤の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するこ

とを見出しました。さらにニッケル錯体では、不活性な結合 (安定な結合) の切断を伴う炭素-炭素結合生成反応において高い触媒活性を示すことがわかりました。現在、更なる高効率・高選択的な基質変換反応の開発に取り組んでいます。

## 高分子電気化学研究室

「環境に配慮した持続的な発展が可能な社会を実現し、健康で快適な生活を送ることを可能にする科学や技術」として、有機・高分子物質を用いて新しいエネルギー変換系や化学情報変換系を実現することを目指しています。イオンを中心に電子や光を操る材料システムやデバイス、これらに nm オーダーの構造を巧みに創り込んだナノ構造材料などについて、基礎研究から着手し、新物質・新燃料・新デバイス開拓のための新しいコンセプトを世の中に提示することを目標に研究を行っています。

### エネルギー材料に関する研究

クリーンで高効率なエネルギー変換・貯蔵系を実現するために、新しいイオン液体やイオン伝導性高分子を分子設計し、その物性や導電機構の検討、これらを電解質として用いた電気化学系や電気化学機能界面の構築を目指しています。

### 環境材料に関する研究

環境に配慮した持続的な発展が可能な社会に資する材料を創製することを目指し、様々な新規材料を提案しています。例えば、プロトン性イオン液体を前駆体に用いた機能性炭素の創製と機能評価、イオン液体中における高分子の相転移挙動の解析、イオン液体 / 高分子複合膜を用いた二酸化炭素膜分離などを行なっています。



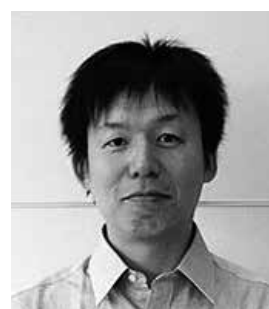
渡邊正義 教授



獨古 薫 教授



上野和英 准教授



小久保 尚 特別研究教員

スタッフ、博士研究員、学生を合わせると40名近くになる大研究室です。快適に様々な研究に取り組める環境が整い、学生は自分の研究テーマに誇りと自信を持ち、活発な研究活動を展開しています。また、国内外の大学、研究所、企業との研究交流によって知見を広め、人間として成長できる研究体制を目指しています。