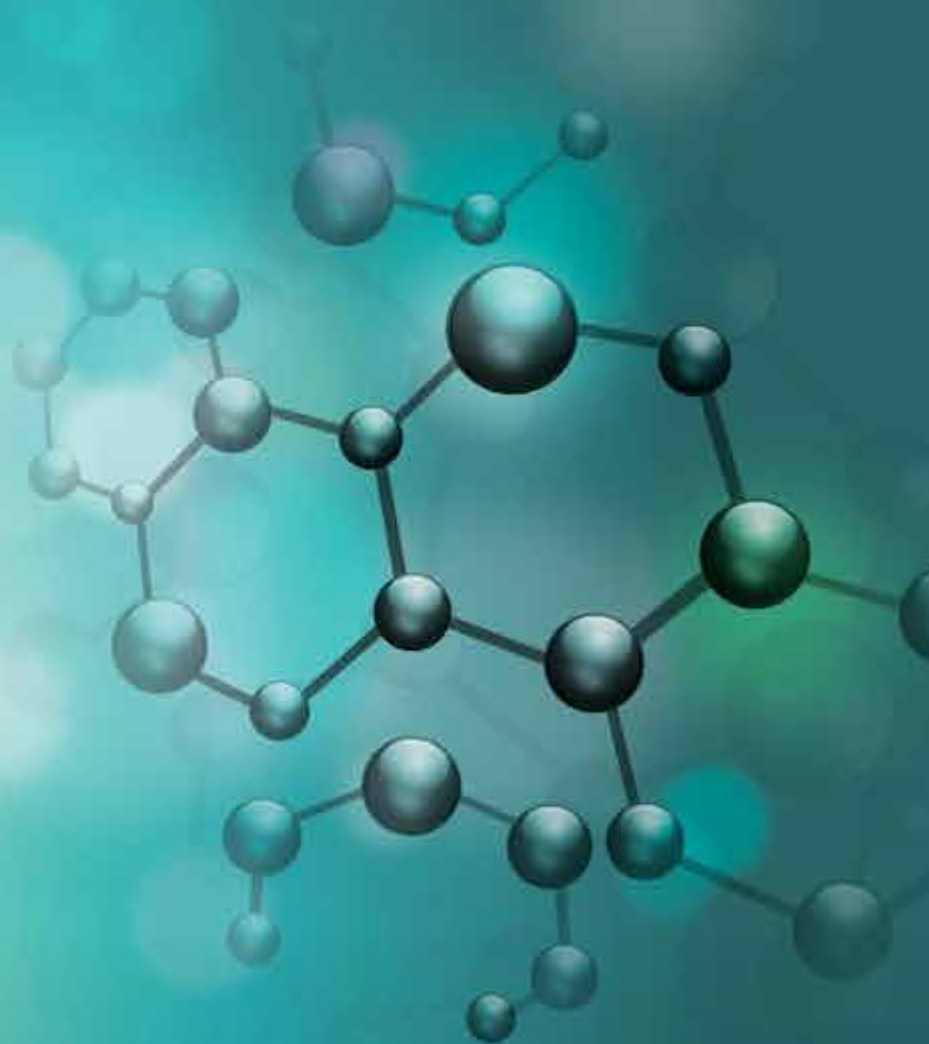


東京工業大学大学院総合理工学研究科

物質電子化学専攻要覧

平成27年度版



2015

Department of Electronic Chemistry

Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering
Tokyo Institute of Technology

<http://www.echem.titech.ac.jp>



INTERDISCIPLINARY
GRADUATE SCHOOL
OF SCIENCE & ENGINEERING

未来科学を拓く 物質電子化学

従来の応用化学系の学科は、化学工学科、合成化学科、電気化学科、高分子工学科など、その目的に応じて構成されています。これらの学科が、方法論や生成物などを学科構成の指標としているのに対し、物質電子化学専攻では化学の基本的な原点から広汎な応用への道の一本化という点にその視点をおいています。お互いに関連ある学問分野を理解し、それらの学際領域にある多くの問題を解くためには、個別的な目的意識では不十分であるというのがその基本的な認識です。つまり、化学反応は電子の移動過程であるという観点に立って、化学反応に伴う各元素の電子状態の変化、化学構造における電子の役割などに注目し、得られた結果を単に現象論的に整理するのではなく、化学反応の機構、関与する物質の構造や反応性などの相互関連性に対する正しい理解から化学的な現象を統一的に解明しようとするものです。このため、旧来の理学と工学には壁はなく、両者を横割的に結合し、基礎（理学）から応用（工学）までの一貫した知識と経験を学生に与えることを目的としています。このような教育理念のもとで学生は従来よりもさらに広い視野と創造性をもつ研究者や技術者として育成されている点に本専攻の特色があります。また、学部を持たない大学院である大学院総合理工学研究科の一専攻として、「開かれた大学院」として本学のみならず、全国の大学から広い分野の学科出身の学生を受け入れており、将来を担うことのできる研究者及び技術者の育成に努めています。同時に、基礎から応用までの学際的研究を推進しています。

本専攻では、ここに学ぶ学生がいわゆる純正化学の分野は勿論のこと、金属、無機材料、有機合成、石油、高分子、繊維、あるいは電子材料や生物化学、薬化学などの工業化学の分野において将来十分な活躍が期待できるカリキュラムがあります。さらにナノテクノロジーやグリーンケミストリー、燃料電池、太陽電池などのエネルギー変換、情報システム機能素子の開発など、今日急速に発展しつつある課題に対して、未来性に富んだ新しい発想と手法を提供することができる創造的な能力を育成することを心がけています。



CONTENTS

物質電子化学専攻の概要

物質電子化学専攻の講座、指導教員、研究分野および学生定員

4

研究活動

6

分子変換講座

物質エネルギー変換講座

錯体電子化学講座

有機電子化学講座

生物電子化学講座

電子分光化学講座

触媒電子化学講座

固体物性化学講座

卒業生・在校生からのメッセージ

31

物質電子化学専攻学習課程

34

平成 26 年度研究題目

36

修士課程修了生

博士課程修了生

修了生の活躍分野

38

的に理解することを大きな目標にしています。具体的には、固体物理化学、有機機能化学、有機電気化学、電子移動反応、無機固体化学、レーザー分光学、有機合成化学、触媒化学、高分子材料、生物化学、固体物性化学、工業電気化学など幅広い領域の研究室があります。そこで教育・研究を行っている課題は、現在の科学の最先端をゆくものです。たとえば、クラスター分光学、メソポーラス材料、超分子化学、エネルギー変換化学、リチウム電池・燃料電池、細胞生物学、有機エレクトロニクス、グリーンケミストリー、ナノテクノロジーなど多岐にわたります。連携教員を含め全部で8講座、教授13名、准教授12名の充実した研究組織で学生の教育にあたっています。

物質電子化学専攻でめざしたい

幅広い研究領域の教員が担当しているこの専攻では、講義・実習でも化学とその関連領域の知識を十分に吸収することができます。将来、純粋な化学の分野はもちろんのこと、材料、バイオ、エネルギーなど化学に関連したさまざまな分野で十分な活躍ができる能力を身につけることのできる講義のカリキュラムが用意されています。修了時には理学と工学の何れかの学位（修士、博士）を取得することができますようにしています。この専攻の修了生は、「修了生の活躍分野」に掲載されているように、産業界、研究機関、大学等で大いに活躍しています。

貴方もぜひこの専攻で明るい未来を切り拓いてください。

物質電子化学専攻の概要

物質電子化学専攻の歴史

物質電子化学専攻は、東京工業大学創設時に設立された電気化学科を母体に、総合理工学研究科の中で化学の教育を担う専攻として平成9年4月に発足しました。特に当専攻の直接の母体である電子化学専攻は、昭和48年に第1回生（修士学生）を迎えましたが、この専攻は昭和50年に日本の大学院に初めて作られた独立研究科「総合理工学研究科」に発足当初から参加しています。この総合理工学研究科の設立20周年を契機に、次の時代に発展できるように新しい学問を求めて研究科の組織が一新されました。そして、独立大学院としての長い歴史の上に、新しい研究領域を開拓することを目指して出来上がったのが、物質電子化学専攻です。まさに、21世紀の学問領域を学ぶことの出来る専攻です。

物質電子化学専攻で 学ぶことのできる研究分野

物質電子化学専攻は、化学の基本的原理から応用まで幅広い分野を対象にした研究室で構成されています。その基本理念は、化学反応は電子の移動過程であるということです。この専攻では、電子の視点で化学現象を統一

物質電子化学専攻の講座、指導教員、研究分野および学生定員

入学者数 修士：約 50 名 博士：約 15 名

講座名	指導教員	教員室 ^{*1}	内線 ^{*2} E-mail	研究分野	頁
分子変換講座	教授 富田 育義	G1- 614	5413 tomita@echem. titech.ac.jp	反応性高分子の設計と合成、アレン、ジエン、エンインなどの高不飽和モノマーの高選択的（リビング）重合の開発、有機金属ポリマーの合成と応用、多成分重縮合の開発	6
	准教授 稲木 信介	G1-910	5407 inagi@echem. titech.ac.jp	有機電気化学、グリーンケミストリー、高分子合成、高分子反応、機能性高分子、電解合成、電極触媒、傾斜機能材料、導電性高分子、含フッ素ポリマー、イオン液体	7
	教授 菅野 了次	G1-1014	5401 kanno@echem. titech.ac.jp	電気-化学エネルギー変換材料の創製、リチウム電池材料および超イオン導電体の物質設計、全固体薄膜電池の開発、固体イオニクスの研究	8
	准教授 平山 雅章	G1-1012	5403 hirayama@echem. titech.ac.jp	エネルギー変換デバイスの電極界面反応解析と機能開拓、ナノスケールで構造制御した電気化学界面設計とリチウムイオン電池への応用、異種物質積層および界面構造解析の基礎研究	8
	連携教授 松川 公洋	(地独) 大阪市立工業研究所 電子材料研究部	06-6963-8031 kmatsu@omtri. or.jp	ケイ素含有ポリマーの合成、有機無機ハイブリッドの合成と応用、フォトポリマーの機能化、ナノ粒子を用いたハイブリッド材料の開発、ポリマーモノリスの合成と応用	14
	連携教授 山本 浩史	分子科学研究所	0564-55-7334 yhiroshi@ims.ac.jp	新概念に基づく有機エレクトロニクスの研究、強相関電子を使った有機トランジスタ（モット FET）、超分子構造による新たな伝導性物質の開発（超分子ナノワイヤー）	15
	連携教授 中村 二郎	NTT 環境エネルギー 研究所	046-240-3030 nakamura.jiro @lab.ntt.co.jp	エネルギー最適化および蓄エネルギー技術 / 創エネルギー技術の研究開発・実用化	16
物質エネルギー変換講座	教授 大坂 武男	G1- 810	5404 ohsaka@echem. titech.ac.jp	酸素・活性酸素の電解生成・検出・反応制御、電気化学法によるナノ構造体の創製と機能研究、エレクトロカタリシス研究、イオン液体中での電気化学の新展開、生理活性物質・酵素の電子移動制御と応用、水（電気分解、分析殺菌）、バイオ医療センサ、空気・水環境センサ、燃料電池、バイオ電池、光バイオ電池	10
	准教授 北村 房男	G1- 812	5405 kitamura@echem. titech.ac.jp	電極界面構造の赤外分光法による研究、機能性電極界面の創製と反応機構の解明、新規な光機能・電気化学特性を有する希土類錯体の合成、イオン液体の界面電気化学	11
	教授 原 正彦	G1-1008	5437 masahara@ echem.titech.ac.jp	ナノテクノロジー、走査型プローブ顕微鏡、自己組織化単分子膜、ナノ粒子、時空間機能、バイオテクノロジーとの融合領域	12
	准教授 林 智広	G1-1010	5400 hayashi@echem. titech.ac.jp	表面・界面科学、プローブ顕微鏡を用いた表面構造・分子間相互作用の精密解析、バイオインターフェースの解析・バイオセンシング手法の開発を中心としたナノバイオテクノロジー	12
	連携教授 佐藤 緑	(独) 産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門燃料電池システムグループ	029-861-6715 yukari-sato@aist. go.jp	固体表面や界面における、物質の濃縮機能、認識機能、分子吸着能の制御等、様々な機能の構築と発現。基板材料の開発、膜構成分子のナノ構造制御、センシングデバイス開発への応用研究	17

講座名	指導教員	教員室 ^{*1}	内線 ^{*2} E-mail	研究分野	頁
物質エネルギー 変換講座	連携准教授 尾笹 一成	理化学研究所前田 バイオ工学研究室	048-462-1111 (内線 4444) ozasa@riken.jp	バイオ材料と物理系のフィードバックシステムの構築とその特性解析、ナノプローブによる表面光物性の計測、量子ドット構造・ナノ微粒子の光物性測定と応用、半導体表面の化学修飾と電解質界面への適用、細胞活動の計測	18
	連携准教授 井上 宗宣	(公財)相模中央化学 研究所精密有機化学グループ	0467-77-4208 inoue@sagami.or.jp	医薬・香料・機能材料等の効率的製造法の開発、新規な含フッ素官能基導入法の開発と有用含フッ素生物活性物質の創製、診断薬を志向した機能性色素の開発、蓄エネルギー物質の創製	19
錯体電子化学 講座	教授 福島 孝典	R1- 912	5220 fukushima@res.titech.ac.jp	機能性 π 電子系分子・超分子・高分子の合成、液晶・ゲル等のソフトマテリアルの開発と機能、ナノカーボン材料の機能化と応用、エネルギー変換分子システムの構築	20
	准教授 小泉 武昭	R1- 910	5222 tkoizumi@res.titech.ac.jp	電気化学的手法を用いた有機金属錯体の機能開発、多電子移動・外部刺激応答などの機能を有する遷移金属錯体の応用	20
有機電子化学 講座	教授 中村 浩之	R1-914	5244 hiro@res.titech.ac.jp	新規有機合成手法の開発とがん治療創薬、中性子捕捉療法のためのホウ素デリバリーシステム開発、標的タンパク質同定および選択的タンパク質分子修飾法開発による生体機能解明と制御	22
	准教授 布施新一郎	R1- 913	5245 fuse.s.aa@m.titech.ac.jp	生理活性天然物の全合成、マイクロフロー合成法を駆使する効率的有機合成手法の開発、機能性 π 共役系分子の設計と構造多様性指向型合成	22
生物電子化学 講座	教授 田中 寛	R1-814	5274 kntanaka@res.titech.ac.jp	細胞の生長（代謝）・増殖（細胞周期）を統合する分子機構、細胞共生による真核細胞の構築原理	24
	准教授 今村 壮輔	R1-816	5859 simamura@res.titech.ac.jp	藻類における窒素代謝制御、藻類を用いたバイオ燃料生産、リボゾーム RNA 合成制御、オルガネラ間コミュニケーション	24
電子分光化学 講座	教授 藤井 正明	R1- 312	5250 mfujii@res.titech.ac.jp	分子及びクラスターのレーザー分光、時間分解分光及び2波長分光法の高感度分析と超解像顕微分光への応用	26
	准教授 酒井 誠	R1- 310	5251 makotos@res.titech.ac.jp	反応活性クラスターの超高速分光および、2波長分光法を用いた超解像顕微鏡法の開発・応用	26
触媒電子化学 講座	准教授 野村 淳子	R1- 510	5239 jnomura@res.titech.ac.jp	赤外分光を利用した固体触媒表面および触媒反応の解析、メソポーラス遷移金属酸化物の調製と機能化、ハイブリッド型固体触媒の開発	28
固体物性化学 講座	教授 川路 均	J1-701	5313 kawaji@msl.titech.ac.jp	物質における機能性発現機構の解明と制御、機能性物質の物質設計と創製、機能性材料における格子振動と相転移に関する物性化学研究	29
	准教授 松下 伸広	R3- 511	5310 matsushita.n.ab@m.titech.ac.jp	環境負荷の低い溶液プロセスの開拓と機能性材料への応用、機能性ナノ粒子の合成とバイオ／エネルギー応用、溶液法によるナノ構造制御とバイオメディカル応用	30

* 1 〒 226-8502 横浜市緑区長津田町 4259

* 2 学外からの連絡 045-924- (内線番号)

<http://www.echem.titech.ac.jp>

分子変換講座

富田研究室

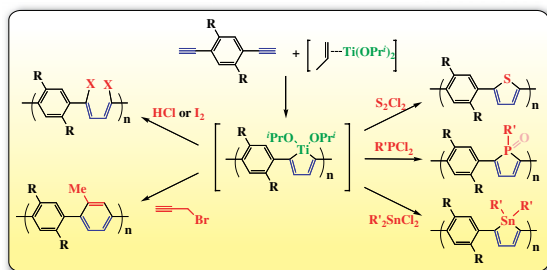
新しいつくり方で挑む新しい高分子材料

研究キーワード 高分子合成、有機合成、有機金属化学、有機金属ポリマー、反応性高分子、高分子反応、機能性高分子、 π 共役高分子、リビング重合、ミクロスフェア、ナノスフェア、重縮合、触媒反応

当研究室では、稲木研とともに有機化学、有機金属化学、有機電気化学をベースに、新しい概念につながり得る重合手法の開拓や、新しい高分子材料の創製などに関する研究を展開しております。現在行っている代表的な研究テーマはつぎのとおりです。

メタラサイクル構造をもつ主鎖型反応性高分子の合成と主鎖の構造を自由に変えられる新しいタイプの反応性高分子としての応用

二官能性アセチレン類と低原子価金属錯体との反応により、主鎖にメタラサイクル構造をもつ新規の有機金属ポリマーの合成を行い、これを主鎖型反応性高分子として用いることによって、多様な主鎖構造をもつ高分子へと変換できることを明らかにしております。例えば、式に示すチタン錯体と末端ジエン類の場合には、主鎖の結合位置が規制された有機金属ポリマーが得られ、高分子反応に用いる低分子試薬を選ぶことにより目的に応じて多彩な主鎖構造をもった π 共役高分子が構築できることを見いだしています。この方法を用いると、従来の合成法では設計が難しいと思われる高分子も合成できるほか、比較的簡単なジエンモノマーの分子設計によって一挙に多様な主鎖構造をもつ高分子を構築できる特徴が示されてきております。



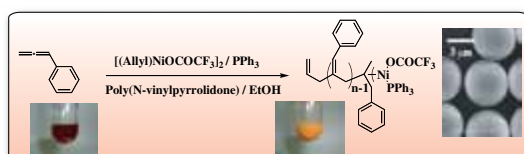
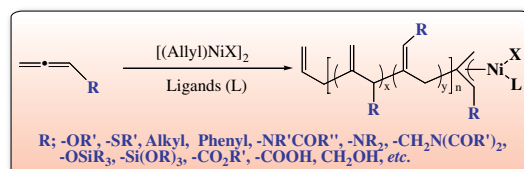
アレン誘導体のリビング重合の開発と理想的なリビング重合としての応用

アレン誘導体はオレフィンよりも不飽和度が1つ高く、アセチレン類の異性体の位置づけにあります。当研究室では、これらをモノマーとしたアリルニッケル触媒による配位重合を検討し、モノマー上の置換基の極性や電子的な性質にほとんど影響を受けることなく、一般性よくリビング重合が進行することを明らかにしております。例えば、水酸基やカルボン酸などといった極性置換基をもつモノマーも直接リビング重合が達成でき、反応性の官能基や高付加価値な機能団をもつ一次構造の規制された多彩な高分子を設計・合成できることを報告してきております。さらに、このリビング重合では、水やアルコールなどの極性溶媒も重合に用いることができることから、リビング重合に立脚しつつ精密なナノスフェア、ミクロスフェアの構築にも取り組んでおります。



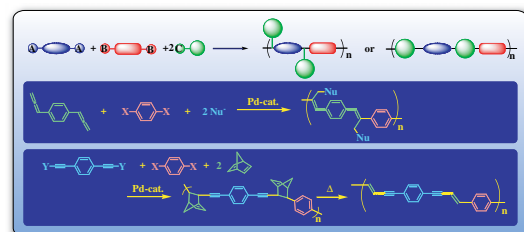
教授

助教

富田 育義
博士（工学）西山 寛樹
博士（工学）

遷移金属触媒による多成分系重縮合法の開拓

通常、重縮合、重付加反応は2つの官能基が連結されるシンプルな反応から構成されているため、モノマーの煩雑かつ多段階な合成が高分子の設計のための唯一の方法といえます。当研究室では、遷移金属触媒によるアレン、アセチレン、オレフィン類の3成分カップリング反応などを素反応とした多成分重縮合法の開拓を検討し、比較的簡単なモノマーから多彩な構造をもつ高分子を合成できることを明らかにしております。例えば、不斉高次構造などの機能性を付与したポリ(アリーレンービニレン)や、従来法では構築が難しいと考えられる主鎖構造をもつ新しい π 共役高分子などを比較的簡単なモノマーの設計により合成できることを見いだしております。また、3つめの成分として環状ホスト化合物を用い、不安定な分子ワイヤーを空間的に保護し安定化しながら合成する手法についても検討中です。



最近のメンバー



分子変換講座

稲木研究室

電気を操り、新しい視点で有機・高分子材料を設計する

研究キーワード 有機電気化学、グリーンケミストリー、高分子合成、高分子反応、機能性高分子、電解合成、電極触媒、傾斜機能材料、導電性高分子、含フッ素ポリマー、イオン液体



准教授

稲木 信介
博士（工学）

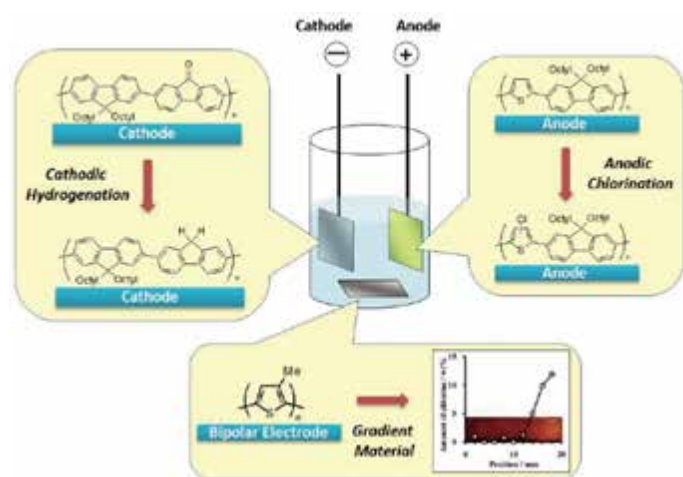
本研究室では高分子化学と電気化学の新しい境界領域を開拓しています。グリーンケミストリーの一翼を担う有機電解合成（有機化合物の電気化学的分子変換）の発展系である高分子の電解合成、電解反応の研究に精力的に取り組んでいます。電極反応を高度に操ることで、分子レベルから薄膜、バルクに至るまで有機・高分子材料の機能化が可能となります。例えば電極触媒（メディエーター）、傾斜表面・パターンニング、エレクトロクロミック特性や導電性の発現など実用的な機能設計に注力しています。

高分子の電解合成、電解反応

ポリチオフェンやポリピロールなどの導電性高分子は有機分子でありながら優れた光学特性、電子特性を備えているため有機エレクトロニクス材料の中核を担っています。本研究室では精密な分子設計により機能性導電性高分子の開発を行っております。

芳香族ヘテロ環化合物の電極酸化により生じるラジカルカチオン種のカップリング反応および重合反応は電極上に導電性高分子膜を作成する優れた手法として知られています。最近では電解発生活性種を利用した高分子合成の新展開にチャレンジしています。

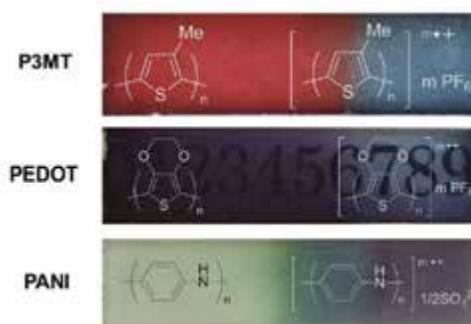
また、導電性高分子は電極との電子授受によりイオン種を生じるため、色調や導電性が可逆的に変化します。本研究室ではこれら特性を活かしたエレクトロクロミック材料の研究を推進する過程でこの活性種の後続的分子変換に成功しました。これは電気化学的に高分子反応を行うという従来にない全く新しい手法であり、高分子電解反応として展開しています。オリジナリティが高く、かつ有用な手法として非常に注目されています。



高分子電解反応の例

バイポーラ電極を用いた機能材料

有機電解合成や高分子電解反応では電位が一様に分布した陽極もしくは陰極を用いますが、最近、同一面内に陽極部位と陰極部位を併せ持ち、電位勾配を有するバイポーラ電極が注目されています。本研究室ではこの電位勾配を利用した高分子膜の傾斜的反応や新規パターンニング法を提案し、世界に先駆けて発表しています。バイポーラ電極は電気回路に非接触（ワイヤレス）でありながら電極として振舞う不思議な現象であり、次々と新しい研究成果が得られています。



導電性高分子の傾斜的ドーピング

レドックス活性分子・高分子

上記以外にも、有機・高分子化合物のレドックス特性を最大限引き出すための分子設計・合成を行っています。例えば、炭素-ホウ素クラスターからなるカルボランの電気化学特性に着目し、電極触媒（メディエーター）として有用であることを見出しています。また、共役系高分子の適切な位置に電子求引性のフッ素を導入することで、高分子の電子特性を制御すると共に、反応性高分子としての応用を進めています。

最近の論文

- 1) Parallel Polymer Reactions of a Polyfluorene Derivative by Electrochemical Oxidation and Reduction, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52, 6616 (2013)
- 2) Site-controlled Application of Electric Potential on a Conducting Polymer "Canvas", *J. Am. Chem. Soc.*, 134, 4034 (2012)
- 3) Electrochemically Mediated Atom Transfer Radical Polymerization from a Substrate Surface Manipulated by Bipolar Electrolysis: Fabrication of Gradient and Patterned Polymer Brushes, *Angew. Chem. Int. Ed.*, in press

<http://www.echem.titech.ac.jp/~inagi/index.html>

分子変換講座

菅野・平山研究室

新物質を開拓し未来のエネギーデバイスを創造する

研究キーワード リチウム電池、全固体電池燃料電池、金属空気電池、高イオン導電体、中性子散乱、放射光、固体合成化学、電気化学、元素戦略、無機構造化学、電気化学界面設計



教授

菅野 了次
理学博士

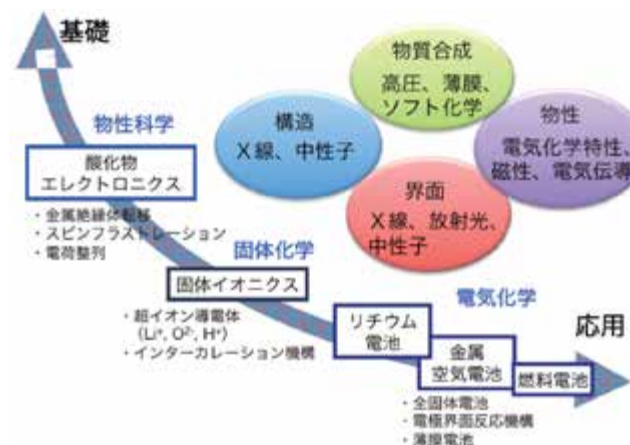
准教授

平山 雅章
博士（理学）

助教

鈴木 耕太
博士（理学）

携帯情報端末の爆発的な普及や電気自動車や燃料自動車の広がり、環境保全問題を背景として、高性能電池への社会的要請はかつてない程の高まりを見せています。菅野・平山研究室では、21世紀の人類の生活を支えるリチウム電池や固体電池、固体酸化物型燃料電池の高機能化から、新規な機構による電気-化学エネルギー変換デバイス開発までを視野に入れ、これらを構成する機能性材料の創製とその物性開拓を強力に推進しています。



研究手法：物質合成と物性、構造を中心として、物質の本質を探り、応用に展開する

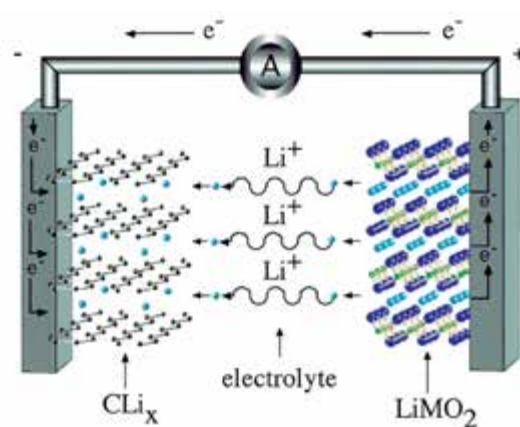
エネルギー貯蔵・変換のための機能性材料設計と合成・評価

材料に要求される機能から遡って、これを実現するための元素の組み合わせ、結晶構造、さらにはその実現可能性などを無機固体化学の見地から幅広く考察し、高圧法、電気化学法、ソフト化学法などの多彩な合成手法を駆使して、所望の材料を実際に合成するルートを開発しています。このようにして得られる新規無機固体物質に対し、結晶構造や電気・磁気、電気化学特性などを詳細に調べて物質合成にフィードバックする研究手法で、特性の優れた数々の材料を世に送り出しています。

ホスト・ゲスト反応の解析

エネルギーの貯蔵や輸送の担体としてのリチウムや水素といった軽元素をゲスト種とし、強固な結晶格子をホストとして可逆的に出し入れする、いわゆるインターカレーション反応は電極反応として幅広く利用されています。特にこの反応を巧妙に組み合わせることで高機能化を実現し成功を収めているのが、新しい電池システムであるリチウムイオン二次電池です。

ゲスト種のインターカレーションに伴って結晶構造や物性が変化する現象には実に様々な要因が寄与しており、これを解明し整理す

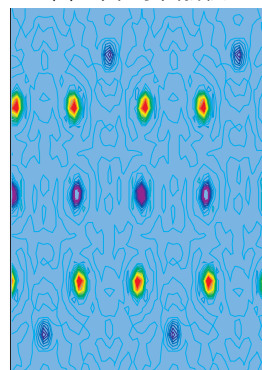


リチウムイオン電池

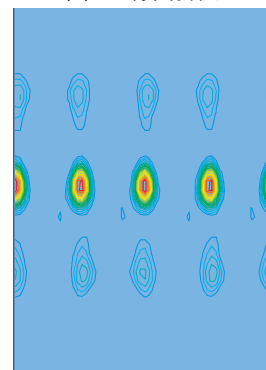
リチウムイオン電池は、酸素とコバルトなどの金属を層状に重ねた正極（図右側）と炭素結晶を層状に重ねた負極（図左側）が電解液に浸された構造をしています。正極、負極それぞれの層の間にリチウム原子（Li）が入り込み、電解液を通して充電、放電を繰り返します。

ることは固体化学者の醍醐味のひとつです。同時にこの現象は電池の充放電特性も大きく左右するために、実用上も極めて重要です。平均構造、局所構造、ゲスト種規則配列、変調、揺らぎ、凝集等様々な視点から、リチウムや水素等の軽元素の情報も正確に把握するために、高輝度放射光や中性子も駆使して反応機構を精密に決定する方法論を用いています。層状岩塩型 $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Mn})\text{O}_2$ 、スピネル型 LiMn_2O_4 、 $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 、オリビン型 LiFePO_4 やこれらの関連物質における種々の新奇な相転移現象を発見し、これにかかわる格子不安定性、電子輸送特性、磁氣的相互作用、電子格子相互作用等の材料物性の本質にまで踏み込んだ議論を行い、電極特性との関連を明らかにする研究を行っています。

(a) 中性子回折法



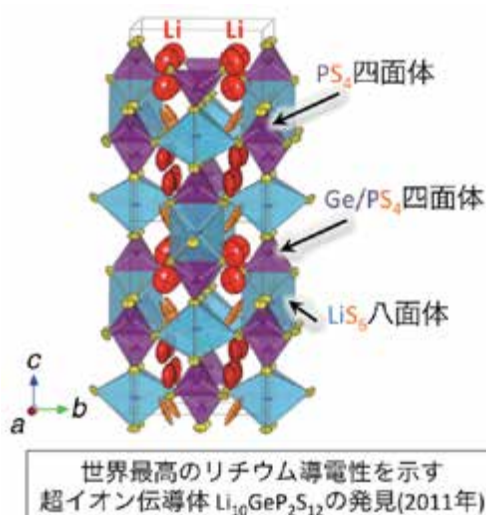
(b) X線回折法



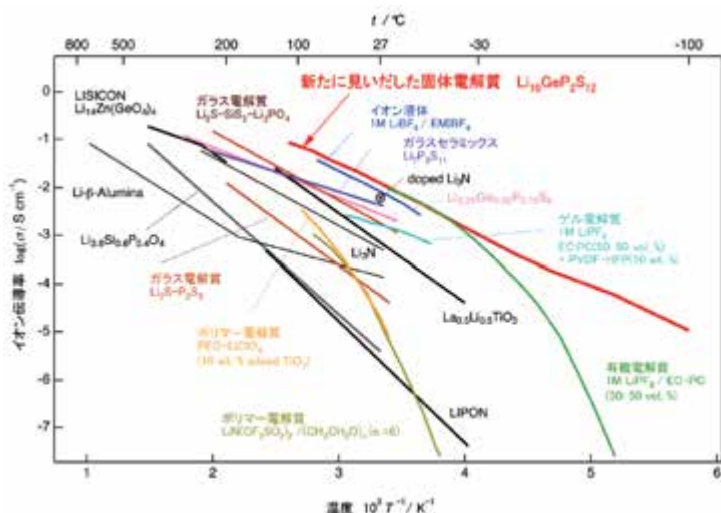
中性子回折によって求めた正極材料 LiMn_2O_4 中の原子配列の様子

高速イオン導電体の開発とこれを支える材料科学

固体でありながら、その構造の中を高速でイオンが選択的に動き回る物質が超イオン導電体（固体電解質）です。当研究室では高速イオン拡散の機構を解明する研究と、これをベースに新規な物質を創製しようとする研究を渾然一体となって推進しており、液体のイオン導電率も越える世界最高のリチウム導電性を示す新固体物質群 LGPS の発見へと繋がってきました。応用面でも、有機電解液の固体材料への置き換えはリチウム電池の可能性を大きく広げるとの期待が大きく、新材料を核にした種々の高性能デバイスの原理実証にも取り組んでいます。次世代燃料電池への展開をにらんだプロトンやヒドリド導電体の探索研究もテーマのひとつです。



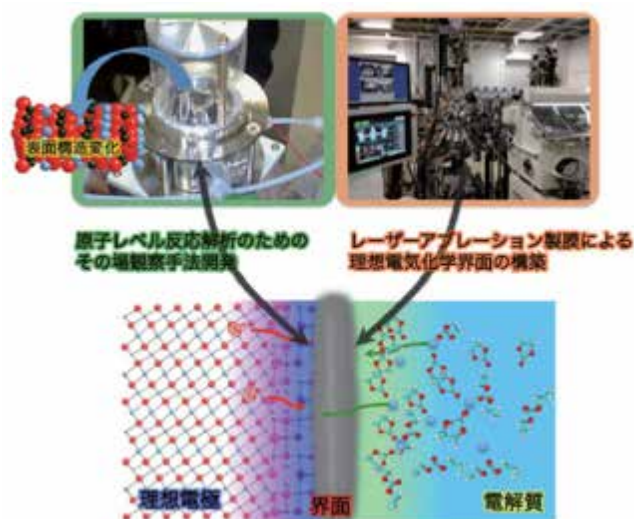
これまでに発見されている固体電解質のイオン導電率は $0.1\text{m} \sim 1\text{mS cm}^{-1}$ と、現在利用されている有機電解液の 10 分の 1 以下でした。それに比べ、 $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ は室温 (27°C) で 12mS cm^{-1} を示し、現在利用されている有機電解液のイオン導電率をも凌駕する値です。



各種超イオン伝導体のイオン伝導率と、超イオン伝導体 $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ のイオン伝導率の比較。リチウムイオン電池に用いられている有機電解液やゲルポリマー電解質に加え、ドライポリマー系、無機非晶質系など様々なイオン伝導体のイオン伝導率を示している。我々の固体電解質は低温から室温にかけて極めて高いイオン導電率を示すことから、固体電池に用いると高出力が可能になることを示す。

高速電荷交換反応実現に向けた電極界面反応の解析

化学-電気エネルギー変換デバイスには例外なく電極-電解質界面が存在して、ここでの電荷交換反応が性能を左右します。ただなか数ナノメートルの領域で進行する界面反応における異方性や微細構造変化・電子状態変化等を最新のナノ領域分析手法を適用して系統的に明らかにしようという研究を進めています。リチウム電池や燃料電池の電極材料を対象として、自己組織化反応を利用した 3 次元ナノ界面や、パルスレーザ合成法による単結晶薄膜による理想界面を構築し、界面反応機構を解明しようとしています。電気化学反応を直接観測しようとする意欲的な試みです。



リチウム電池、金属空気電池、燃料電池の界面反応解析

単結晶に近い電極薄膜を用いると、表面での電気化学反応を放射光や中性子線によって直接観察することができます。これまで全くブラックボックスだったリチウム電池や燃料電池、空気電池の電気化学界面の反応のメカニズムを明らかにしようとしています。

より安全なリチウム電池を（全固体電池）

現在私たちが使用しているリチウムイオン電池は、電解液が可燃性であるため、電池パックの損傷などによりショート、発火する危険性があり、安全装置が必須とされています。特に自動車の場合、より安全性を高めるため、可燃性電解液の代わりに固体電解質を利用し、電池全てがセラミックスでできた全固体型リチウム電池にすることが究極の目標です。我々自身が探索した固体電解質を、実際の固体電池の電解質として用いた全固体型のセラミックス電池を作り、電池を高エネルギーと高出力を兼ね備えた将来の電池の開発を行っています。これまでは蓄電池としてとらえられてこなかった全固体電池が、ようやく実用化に向けて一歩踏み出しました。



物質エネルギー変換講座

大坂研究室

Be Ambitious for Creation !

研究キーワード 電気化学、電気分析化学（医療、環境センサ）、電極触媒科学、エネルギー科学（燃料電池、（光）バイオ電池）、酸素・活性酸素、水（電気分解、殺菌）、ナノ構造体の創製と機能

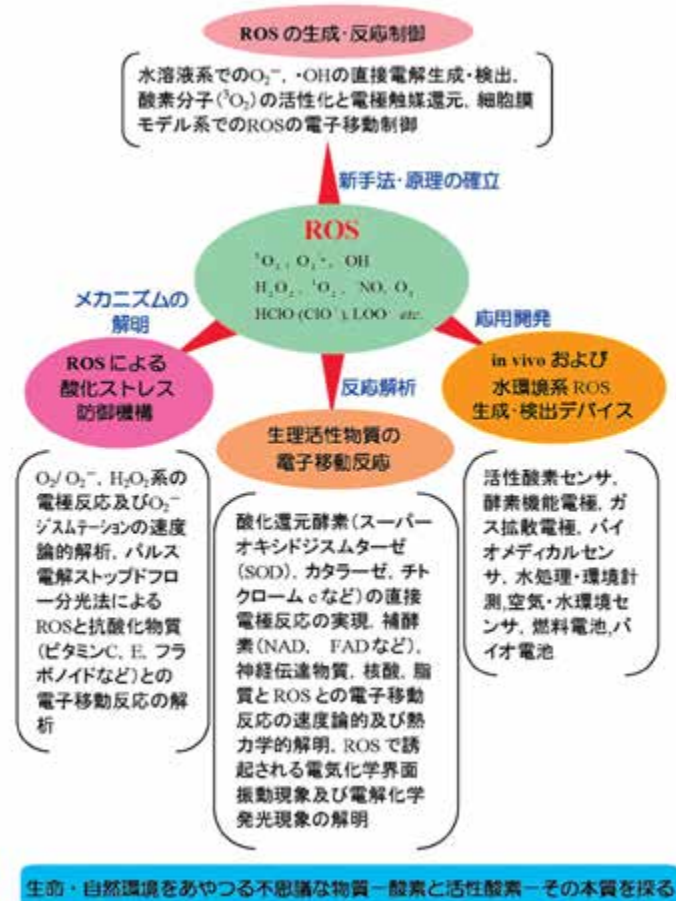


教授 大坂 武男 工学博士
助教 岡島 武義 博士（工学）

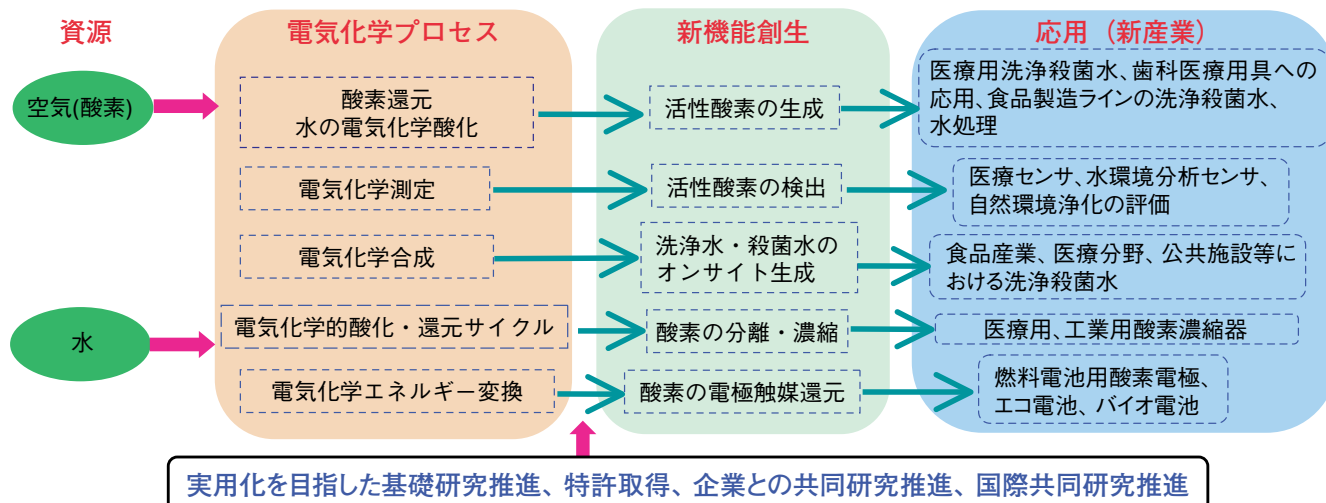
様々な生命現象（呼吸、老化、発ガン・制ガン作用、殺菌・解毒作用、免疫作用、情報伝達など）及び自然環境現象（地球温暖化、酸性雨、オゾン層破壊、燃焼、自然浄化作用など）において、酸素及びスーパーオキシドイオン（ O_2^- ）、ヒドロキシルラジカル（ $\cdot OH$ ）、過酸化水素（ H_2O_2 ）、一重項酸素（ 1O_2 ）などの活性酸素は功罪の本質的な役割を演じており（“酸素パラドックス”）、これらの関与する様々な *in vitro*、*in vivo* 及び水環境現象、エネルギー変換現象の解明は、我々に課せられた最重要課題であります。

本研究室では、酸素・活性酸素の基礎科学技術の創生（生成、反応制御、検出）及び空気（酸素、二酸化炭素など）・水資源を利用する新産業創出のための応用開発研究（燃料電池、バイオ電池、洗浄・殺菌システム、水処理、医療センサ、環境センサ、医療用酸素機器など）に、電気化学、電気分析化学、電極触媒科学、電子移動反応、生物電気化学、エネルギー科学、材料科学、ナノサイエンス・テクノロジーの観点からチャレンジしています（右図）。実用化を目指した基礎研究、特許取得、企業との共同研究、国際共同研究を積極的に推進しています。研究室メンバー：博士研究員3名、博士課程5名、修士課程14名、研究生1名、会社研究生1名（女性6名、外国人14名）。

1) 大坂・井上・大澤・荒金、“活性酸素”、丸善（1999）；2) L. Mao, Y. Tian, T. Ohsaka, “Superoxide Electrochemical Sensors and Biosensors, Principle, Development and Applications and Their Biomedical Applications”, Chapter 6, Elsevier (2007)；3) T. Ohsaka et al., “Electrocatalytic Applications of Manganese Oxide, Tantalum Oxide and Titanium Oxide Nanostructures-Modified Electrodes”, American Scientific Publishers (2008)；4) T. Ohsaka, C. R. Raj, “Electrochemical Sensors Based on Self-Assembled Monolayers of Metallomacrocycles”, Wiley-VCH, P. 428-455 (2003)



空気・水資源を利用する新産業創出のための研究開発



物質エネルギー変換講座

北村研究室

電気化学界面現象の基礎と応用

研究キーワード 電気化学測定、電極反応解析、電極触媒合成、燃料電池、イオン液体、希土類金属、炭素電極、「その場」赤外分光



准教授

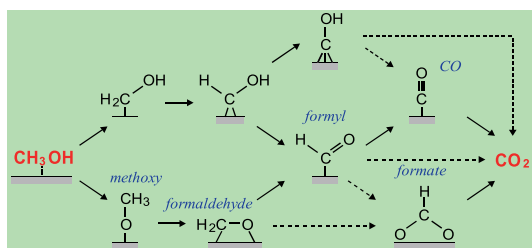
北村 房男
理学博士

電気めっきや電解合成などの工業分野のみならず、電池やキャパシタ、環境や臨床における各種物質計測法など、私たちの生活にかかわる様々な場面で、電極（電子伝導体）と電解質（イオン伝導体）の界面で起こる電気化学反応が活躍しています。電荷移動をはじめ、さまざまな物理化学現象が起こる舞台である“界面”では、どのような中間種が生成し、どのようなプロセスを経て全体の反応が進行していくのかを実験的にとらえることは、メカニズムを解明しこれを応用するために大変重要な研究です。当研究室では、電極と溶液の界面構造に興味を持ち、反応と構造との関係を明らかにし、さまざまな機能性界面を設計する際に役立つ基礎的知見を得ることを目的とした研究を行っています。

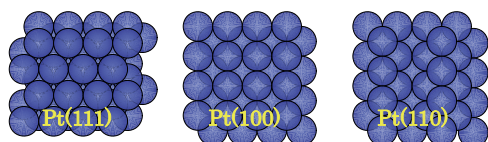
また、反応を解明するだけでなく、より良い特性をもった界面の創成をめざした研究も同時に進めています。電気化学プロセスを利用すると、高温・高圧下における化学反応のような多大のエネルギーを消費し、また危険も伴うプロセスに比べて、常温・常圧の穏和な条件下で反応を進行させることが可能です。また、反応の制御も、電位や電流をコントロールすることで可能となります。電気化学プロセスの持つ、こうした優れた特性を生かして、新しい機能性界面の創製を目指しています。

燃料電池反応に関する研究

燃料電池は、燃料となる物質（水素ガスや炭化水素類）のもつ化学的なエネルギーを電気エネルギーに直接変換して利用するもので、そのためには燃料を電極でいかに効率よく酸化することができるかがその性能を大きく左右します。反応に最適な表面構造をもつ触媒を設計するには、まず実際の反応がどのような経路を経て進行するのかを追跡するための測定技術の開発が必要です。分子種の識別に大きな威力を発揮する「その場」赤外分光法は、今まさに反応が進行しつつある界面の状況を観察できるため、生成してくる反応活性種（中間体など）の特定やその存在量など詳細な議論をおこなうことが可能です。



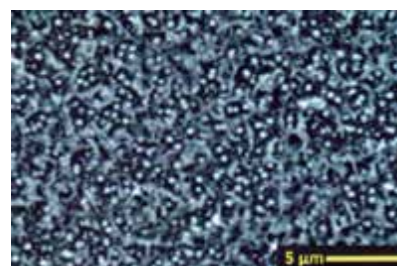
メタノールやエタノールは優れた液体燃料ですが、酸化反応プロセスはとても複雑です！



表面原子配列のよく整った金属単結晶電極を使うと、反応性の違いが明瞭になります。

金属酸化物・水酸化物薄膜の作製と機能解明

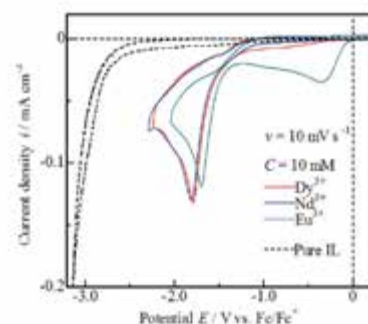
金属酸化物は固体触媒や固体電解質、蛍光体、半導体材料などさまざまな分野で活躍する有用な物質です。当研究室では、電気化学法を応用した環境に優しいマイルドな条件下で、導電性基板上に希土類元素をはじめとする種々の金属酸化物薄膜の作製を行い、電極触媒への応用を目指した研究を行っています。



ワンステップ電解析出法で作製した白金-セリア複合電極のSEM写真。白い小さなツブツブが白金微粒子。

イオン液体中での金属の電析

イオン液体はその名が示す通り、イオンのみから構成されるユニークな液体媒質として近年注目されています。不揮発性・難燃性など数々のすぐれた特徴を持っていますが、当研究室ではその高い電気化学安定性を利用して、水溶液中では実現することができない、活性な金属の電析反応に適用する研究を行っています。現在は主に、レアメタルとして工業的に重要な役割を担っている希土類金属の析出過程を調べています。



イオン液体は広い電位範囲で安定なので、還元電位が非常に負である希土類金属の電析も容易に起こせる。

研究室の日常

研究室セミナー（研究報告・雑誌会）や学会参加（主に電気化学関連の学会）だけでなく、パーベキューや歓迎送会、スポーツ大会などのイベントにも積極的に参加しています。

物質エネルギー変換講座

原(正)・林研究室

「物質化学」「ナノ」「バイオ」の融合

研究キーワード ナノテクノロジー、ナノフォトンクス、自己組織化、ナノ粒子、走査型プローブ顕微鏡、高感度分析手法、バイオテクノロジーとの融合、化学進化と生命の起源、社会に出て生きる総合力



教授
原 正彦
工学博士



准教授
林 智広
Ph.D.



助教
矢野 隆章
博士(工学)

自己組織化・ナノプローブ・光を駆使して、未知の表面・界面の解析に挑む

太陽電池・有機ELなどで用いられる有機/無機のハイブリッド界面、燃料電池、蓄電池で用いられる固体/液体界面、バイオセンサー、人工臓器など生体分子/人工材料の界面など、様々な分野の最先端デバイスで表面・界面、ナノレベルでの構造・物性・機能の制御の重要性が高まっています。

本研究室ではトップダウン法(ナノリソグラフィー、マイクロ・ナノ印刷法)とボトムアップ法(自己組織化、自己集積)を用いて様々な表面・界面を構築します。さらにプローブ顕微鏡、ナノフォトンクスの技術を駆使し、表面・界面における分子の構造・配向に加え、化学反応、構造変化、分子間相互作用などを明らかにし、ナノ～メゾスケールの化学・物理現象の新しい解釈を試みます。これらの知見を利用してエレクトロニクス、バイオ、医療、環境、エネルギー、さらには化学進化と生命の起源に至る幅広い分野の課題解決に挑戦しています。

研究室のキーワード

表面・界面、ナノ構造構築

- ・蒸着、スパッタリング
- ・ナノリソグラフィー
- ・ナノ粒子合成
- ・有機超薄膜
- ・自己組織化単分子膜
- ・ナノ・マイクロ印刷
- ・ナノ粒子の自己集積
- ・生体-材料界面の構築

他大学、企業、研究機関との国際的連携

測定・計測・解析

- ・走査型プローブ顕微鏡(STM, AFM, NSOM)
- ・表面プラズモン分光法
- ・表面増強ラマン分光法
- ・第一原理計算
- ・分子動力学法

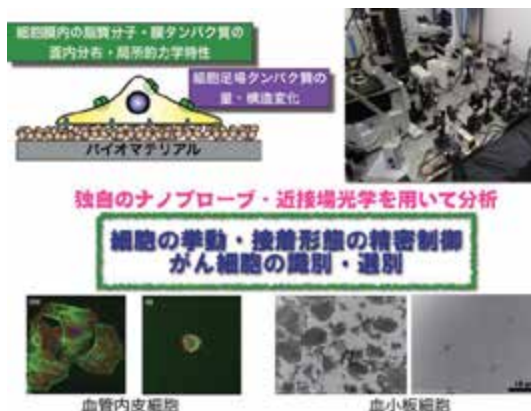
アプリケーション

- ・プローブ顕微鏡・ナノフォトンクスを軸とした新しい表面・界面解析手法
- ・ナノ光デバイス(バイオセンサー、局所光学特性解析技術)
- ・表面・界面制御(コーティング剤、高効率触媒、抗タンパク吸着・血液適合性材料、蓄電池などのエネルギーデバイス)

化学、物理、生物、電気工学、機械など様々な基盤を持つ研究室メンバー

様々な機能性表面・界面の構築～エレクトロニクスデバイスからバイオインターフェースまで

本研究室では蒸着・スパッタリング、電気化学法による無機物表面の構築、表面重合、スピニングなどを用いた高分子薄膜、自己組織化単分子膜(Self-Assembled Monolayer)、脂質2重膜を用いた単分子膜など、金属・半導体などの無機物から有機物表面まで様々な表面構築・物性制御を行います。さらにナノリソグラフィー、印刷法、ナノ微粒子の自己集積法などを用いて、1次元から3次元構造を有するナノ構造を構築し、目的に応じた機能を柔軟に発揮する表面・界面の構築を目指しています。



バイオ界面の創成～分析～制御

個々の分子を見分ける～分子の表面反応を計測する

走査型プローブ顕微鏡[主に走査型トンネル顕微鏡(Scanning Tunneling Microscope: STM)、原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope: AFM)]は分子レベルで表面・界面の原子・分子の配列構造を明らかにすることができます。本研究室では自己組織化単分子膜を中心に、様々な有機物表面の分子構造を明らかにしてきました。現在ではモデル有機表面のみならず、生体分子・細胞、リチウム電池、さらには化学進化反応などへも観察対象を広げています。



合成化学実験室



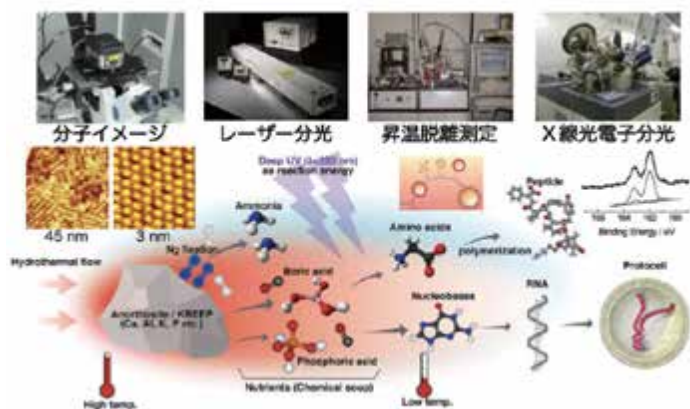
ナノプローブ顕微鏡室

研究室ホームページ (検索 : 東工大 原林) : <http://www.echem.titech.ac.jp/~hara/>
<http://www.echem.titech.ac.jp/~hayashi/>



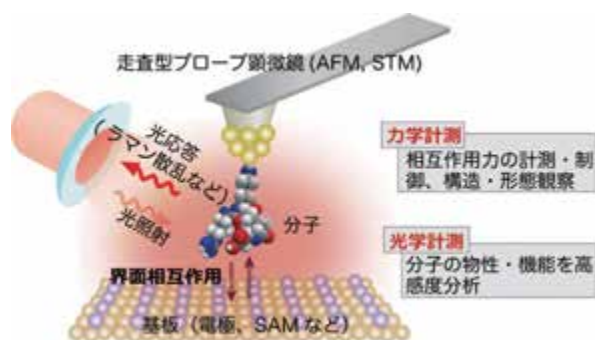
■主要実験設備

- ・走査型トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡
- ・近接場ラマン散乱顕微鏡
- ・金半結晶作製装置
- ・昇温脱離分光装置
- ・全反射蛍光顕微鏡
- ・水晶振動子マイクロバランス測定装置
- ・全反射蛍光顕微鏡、赤外分光光度計
- ・表面プラズモン分光装置
- ・動的・静的光散乱、ゼータポテンシャル測定装置

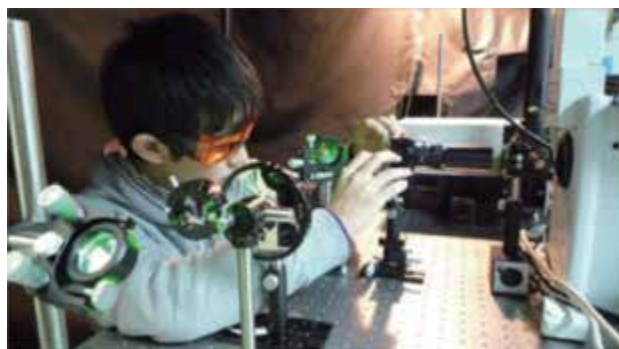


分子レベルから観る表面・界面の解析

AFMは表面形状を観察するだけでなく、探針と表面間に働くpNレベルの微小な力を精密に計測することが可能です。この力学計測法を用いて本研究室では、「単一タンパク質分子のアンフォールディング過程の直接観察」「単一分子認識過程のその場観察」「水中におけるナノスケール材料分析」「生体適合性材料表面近傍の水分子の振る舞い」などの様々な課題を解決してきました。



界面相互作用の力学および光学計測



ナノ分光実験室

界面分子の物性機能を解明する～分子の光応答を計測する

光をプローブとして用いると、分子の物性や機能を非侵襲かつ非破壊で測定することができます。本研究室では光と金属の特異的相互作用を利用した高感度光計測法を開発し、表面・界面分析への応用を行っています。例えば、表面プラズモン共鳴を用いた新規光センシング技術を開発し、金属基板上での分子認識・結合・解離などの分子間相互作用を測定しています。ラマン散乱分光を用いて金属表面近傍の分子構造や分子機能をリアルタイムで測定する手法も開発し、生体分子などが作るソフト界面の分子プロセスの解明を図っています。さらに、単一分子検出レベルの高感度でナノ分光イメージングを実現するナノフォトニクスの研究開発も行っており、電極表面などのナノ分析への応用を目指しています。

研究室のモットー～進学希望者へのメッセージ

これからの科学技術の発展には、単なる知識の獲得だけでなく、学んだ知識・技術をどのように社会に役立たせるかということを考え、広い視野から研究に取り組む姿勢が重要です。本研究室では、試料形成・測定装置の開発～ナノスケールに至る構造と物性の評価といった一連のプロセスを通じて「最先端の科学技術」と「国際社会に貢献出来る力」の習得を目指しています。また理化学研究所や本学の地球生命研究所などとの強い連携により、基礎から応用に至る連続的な研究フェーズと、国際的な研究環境および民間企業との連携体制を整え、新しい「研究力」「国際力」「生活力」を学習できる研究環境作りに努めています。

本研究室は化学、物理、生物、電気工学、情報など様々なバックグラウンドを持つ学生・スタッフ、外国人留学生・研究員の集合体であり、毎日の研究室生活が異分野交流の機会となっています。

学生は本研究室の研究を通じて、化学・物理及び生物学の基礎のみならず、分子合成、固体表面の物理化学、真空装置・光学装置をはじめとする分析手法、コンピュータプログラミング等の技術を習得しています。様々な分野の研究者と積極的に交流し、自律して研究を遂行できる「プロとして仕事する力」の習得を指導します。厳しいがやりがいのある最先端の研究を通じて、自らの成長を強く望む意欲ある学生を歓迎します。



夏の研究室合宿 (箱根)

分子変換講座

連携講座

元素ハイブリッドが拓く新しい光・電子材料の創成

研究キーワード 有機無機ハイブリッド、フォトポリマー、高分子合成、ゾルゲル、ナノ粒子、金属錯体、モノリス多孔体、表面・界面科学、光機能材料、電子機能材料



連携教授

松川 公洋
工学博士

有機系材料と無機系材料を組み合わせた有機無機ハイブリッドは、双方の特徴を併せ持つ機能材料としての実用が期待されています。最近では、より緻密な物性制御を求めて、元素そのものの特性に着目し、これを活かしてナノメートルサイズで構造を制御することで、従来の性能を凌駕する新奇な機能性材料の創出を目指して研究を進めています。本研究室では、シルセスキオキサン、ナノ粒子、金属錯体、ゾルゲル、フォトポリマー等のキーマテリアルを合成し、それらを組み合わせた元素ハイブリッド化やポリマーとの階層・高次構造制御することにより、光学材料、発光材料、電子材料、触媒材料などの光・電子機能を有する材料を開発しています。



屈折率制御したハイブリッド型光学材料の開発

有機ポリマー成分への無機酸化物ナノ粒子等の添加により、屈折率制御された有機無機ハイブリッド薄膜の創出に取り組んでいます。無機酸化物ナノ粒子は有機ポリマー中で凝集し易く、ナノ粒子を含んだ透明材料を得ることは非常に困難です。その解決方法として、ナノ粒子表面の有機化処理が不可欠であり、一般的にシランカップリング剤が用いられますが、より効率的な表面処理剤として2本足でナノ粒子表面と結合できる新規な「デュアルサイト型シランカップリング剤」を開発しました。これらを用いたジルコニアナノ粒子

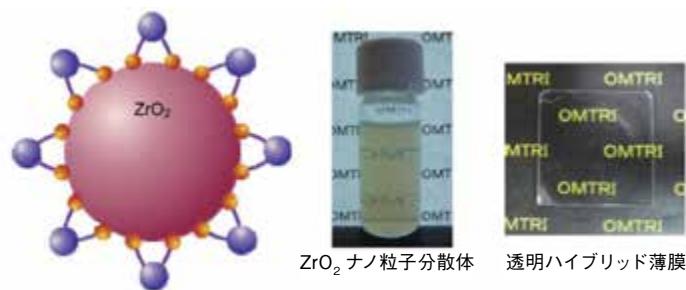


図1 デュアルサイト型シランカップリング剤によるジルコニアナノ粒子の表面処理イメージとナノ粒子分散及び透明ハイブリッド薄膜

分散体は、通常の1本足結合のシランカップリング剤に比べて、分散性に優れ、圧倒的に安定であることを確認しました(図1)。得られたジルコニアナノ粒子分散体は有機ポリマーやモノマー中に均一分散でき、屈折率を制御した透明ハイブリッド薄膜を生成することができました。これらを用いた光学デバイスへの応用を目指しています。

金属ナノ粒子を固定した触媒材料の開発

金属ナノ粒子の特徴的な機能の一つに、高い触媒活性があります。このような金属ナノ粒子を様々な材料に固定化することで新たな応用を探索しています。例えば、非導電性材料表面への無電解めっきを可能にする有機無機ハイブリッド型触媒のコーティングは、湿式法での電気回路作製を可能にできます。これらは、プリンタブルエレクトロニクスの一つの手法として、注目されています。また、多数の連続貫通孔を有するモノリスの表面にパラジウムナノ粒子を化学的に担持したフロー有機合成用カラムリアクターの作製に成功しています(図2)。このリアクターは圧力損失が少なく、原料溶液を送液するだけでパラジウム触媒反応であるヘック反応や鈴木カップリング反応に応用することができます。これらは元素の特性を活かした有機無機ハイブリッドであり、機能性有機化合物を簡便に合成できる有用なツールであると考えられます。

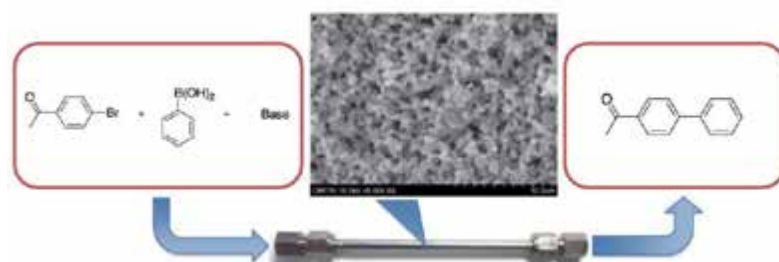


図2 パラジウムナノ粒子担持モノリスカラムによるフロー有機合成(鈴木カップリング)
(SEM写真はエポキシモノリスの多孔構造)

分子変換講座

連携講座

分子を使った新しいエレクトロニクスを開拓する

研究キーワード 有機エレクトロニクス、有機FET、強相関電子系、超伝導、モット絶縁体、モット転移、超分子、ナノワイヤー、ハロゲン結合、分子素子、3次元配線



連携教授

山本 浩史
博士（理学） π 電子による新しいエレクトロニクス

一般には電気を流しにくいと思われる有機分子ですが、近年は新しい電子デバイスの材料としての開発が進んでいます。本講座では既存の概念にとらわれない「新しい原理による分子系 π 電子デバイスの開発」を目指して研究に取り組んでいます。分子を使った物質開発においては、合成的手法によって分子形状や電子状態を設計できる内部自由度と、個々の分子が集まった時に出現する集团的機能創発の双方を自在にコントロールすることが重要であり、物理・化学・工学などの様々な分野の知識を総合的に生かしながら、新しい概念を作り上げていくという面白さがあります。実際の研究活動は、大学共同利用機関である分子科学研究所において行っています。

強相関電子トランジスタの開発

新しいエレクトロニクスの担い手として π 電子が注目を集めています。軽くて曲げられるトランジスタとして最近盛んに研究されている有機トランジスタ (Organic Field Effect Transistor = OFET) や、2010年にノーベル賞を受賞したグラフェンなどがその代表例と言えるでしょう。我々の研究室では、こうした π 電子エレクトロニクスの中でも非常に特異な性質をもつ、「強相関 π 電子」を使ったトランジスタの開発に取り組んでいます。

強相関電子系というのは、電子間のクーロン相互作用が強く働き、通常の伝導電子とは異なった振る舞いをする電子系のことで、例えば銅酸化物高温超伝導体 ($\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ など) の伝導電子はこの仲間に属することが分かっています。強相関電子のふるまいは、電子の濃度 (バンドフィリング) に強く依存するので、FET 構造により界面の電子濃度を変化させてやると、絶縁体を金属や超伝導にスイッチ (相転移) させることが出来ます。我々は世界で初めて、こうした相転移を OFET 界面において観測することに成功しました (図1)。

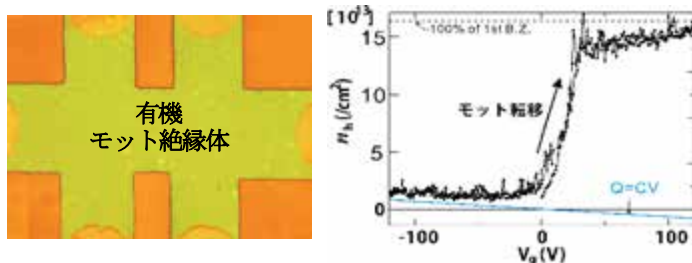


図1 有機強相関 FET の顕微鏡写真 (左) と、相転移によって界面の電子密度が増える様子 (右)。

今後は界面電子の濃度を思いのままに制御して、超伝導状態の ON/OFF が電界効果でスイッチ出来るようなデバイス開発を目指していきます。

超分子ナノワイヤーの開発

近年、半導体微細加工技術が進展し、回路のハーフピッチが 20 nm に近付いてきました。あともう少し回路の微細化が進むと、分子性結晶の格子定数と同程度のサイズでパターニングが出来るようになります。回路がここまで小さくなると、分子1つを素子と見なす「分子素子」の考え方が有効になってきます。分子の形は有機合成によって非常に微細に制御できる上に、一度に 10^{23} 個程度の大量の素子合成ができるため、分子素子を実現すれば安価で大容量のメモリが作製できる可能性があります。

しかしながら、こうした分子素子に対しては配列・配線技術が未だに確立していません。そこでこれに代える一つの解として、結晶性のナノワイヤー配線に取り組んでいます。結晶中では、同じ構造パターンが3次的に繰り返していますから、分子素子とナノワイヤーを同時に結晶化出来れば、結晶そのものが大規模のメモリーとなる仕掛けです。これまでに伝導性のワイヤーを超分子で絶縁被覆した結晶構造 (図2) の構築と、その物性評価に成功しました。

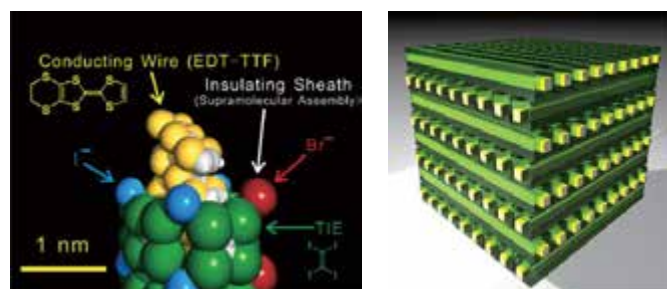


図2 超分子ナノワイヤーの結晶構造 (左) と、3次元 cross-bar 配線のイメージ (右)。

今後は3次元配線のための重要なステップとして、直交ナノワイヤーによる cross-bar 構造の構築に取り組んでいきます。

分子変換講座

連携講座

環境問題は、電気化学が解決?!

研究キーワード エネルギーマネジメント、電気化学反応、金属空気電池

連携教授

中村 二郎
工学（博士）

環境負荷低減に向けたエネルギー技術の研究開発

NTTグループでは、「災害に強く、環境にやさしいサステナブル・インフラ実現に貢献するプロダクトをタイムリーに世の中に出す」ことを使命として、研究開発活動に取り組んでいます。分野としては、エネルギーを有効活用できる省エネルギー、蓄エネルギー、創エネルギーの3つの技術領域に広がり、省エネでは、エネルギー最適制御および高電圧直流給電 (HVDC)、創エネ・蓄エネとしては、リチウム空気電池などの要素技術開発に加えて、創エネ技術や蓄エネ技術との連携によるエネルギー自給率の向上のための研究開発を行っています。

省エネの研究開発・実用化

ICTの発展に伴い、電力消費量が年々大きくなっている通信ビルやデータセンタの省電力化が課題となっています。NTTグループの年間の総電力消費量は約88億kWhであり、その内訳として、約58%がネットワーク設備、約30%が空調・電源です。従来はICT装置・空調・電源それぞれ個別に省電力化が行われてきましたが、エネルギー最適化技術はこれらの設備を連係制御することにより、通信ビルやデータセンタ全体の省電力化を実現します。エネルギー最適化技術の特徴としては、

- ①装置単位で温度・消費電力情報を高精細に表示できること
- ②コスト面での障壁の一つになっている外付けセンサを設置することなしで装置内部情報を収集できること
- ③クラウド基盤と連係し、ICT装置と空調の総消費電力を最小化することを目的に、ICT装置負荷配置と空調の制御できること
- ④ICT装置の消費電力に合わせて電源の運転台数を制御し、電源を省電力化できること
- ⑤ディフューザによりICT装置の吸排気方向を整流して、熱溜まりを解消し冷却効果を向上できること

これらの機能を活用することによりトータルで最大50%の省電力化を目指し、開発を進めています。



図1 エネルギー最適化技術

また、サーバー等のICT機器では交流による給電が一般的ですが、数回行われる交流/直流変換によるエネルギー損失が大きいため、変換の少ない直流給電への関心が高まっています。NTTグループでは、多くの通信機器を-直流-48V給電を利用してきたノウハウを活かして、さらに効率が高い高電圧直流給電の開発および普及に向けた取り組みを進めています。

蓄エネおよび創エネの研究開発・実用化

通信ビルやデータセンタでは、停電が発生してもライフラインである情報流通サービスが停止しないよう、バックアップ用の電池が設置されており、価格が安く、信頼性の高い鉛蓄電池が半世紀以上使われています。しかし、鉛蓄電池は、重くて大きいため、広い設置場所を必要とし、安全、安価で、小型・軽量化が可能な高エネルギー密度の大容量電池が強く求められています。

現在、長時間の放電が可能な高エネルギー密度電池として、リチウム空気電池に着目し研究開発を行っています。金属空気電池は、空気中の酸素を利用して、放電を行います。酸素は常に電池に供給され、負極活性物質を電池に大量に充填できるため、長時間の放電が可能になります。その中でも、リチウム空気電池は最も高いエネルギー密度電池の二次電池を実現できる可能性があります。NTTグループは、独自の正極用の触媒を開発し、現在、充放電サイクル特性の改善を行っています。

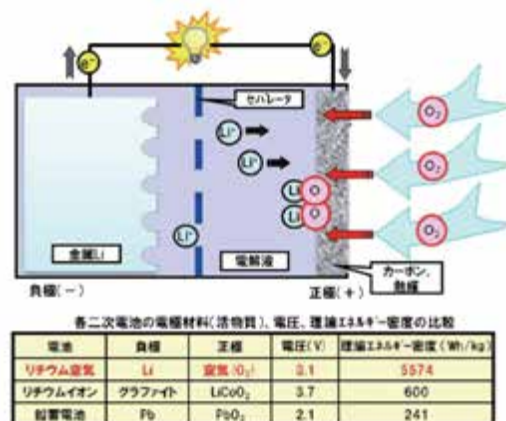


図2 リチウム空気電池

さらに、再生可能エネルギーや燃料電池などを活用した創エネシステムやリチウムイオン電池などを活用した創エネシステムとの連携による24時間 365日つながり続けるサステナブルインフラの実現あるべきと位置づけて研究開発に取り組んでいます。

物質エネルギー変換講座

連携講座

弱い相互作用を高効率検出する新しい界面構築

研究キーワード 表面化学、電気化学法、表面プラズモン共鳴、分子機能電極、自己組織化単分子膜、糖鎖、レクチン、非特異吸着抑制



連携教授
ゆかり
佐藤 縁
博士（理学）

ナノ相分離膜の構築と弱い相互作用の検出

疾病の目印となる疾病マーカーなど、特定の生体分子を検出するには、その生体分子と特異的な相互作用を示す分子の応答を利用します。検出したい生体分子は一般的にごく低濃度でしか存在せず、しかもそれを雑多な生体由来試料から効率よく検出しなければならないものです。実際の生体分子の検出の過程では、共存物質による応答検出の妨害や被検出分子と相互作用する分子の開発の困難さなど、多くの問題に直面します。さらに、特異的な相互作用であっても二つの分子間の結合がとても弱い場合もあります。これらを解決するために、分子認識のためのソフト界面を積極的に構築し、応用することが大切になります。

(1) 弱い相互作用を検出するためのナノ相分離膜の構築

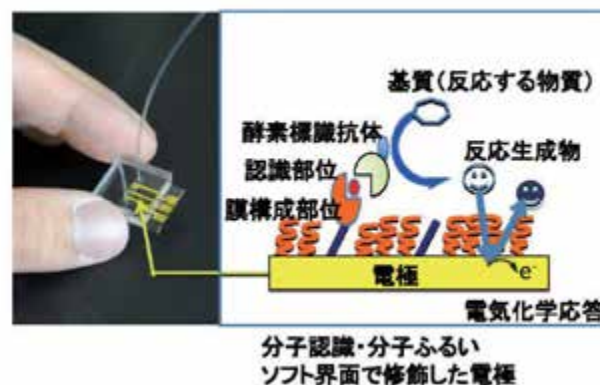
糖鎖とレクチン類（糖鎖を認識するタンパク質）との相互作用は、特異性に優れますが、抗原抗体間の結合と比べると非常に弱いものとなっています。このような弱い相互作用における応答をうまく測定するために、電極基板上に固定できる糖鎖分子を作製してレクチン類を測定しています。糖鎖の周辺環境を種々の末端の分子で修飾し、各種のハイブリッド膜を作り、弱い生体分子間相互作用を高感度、高選択的に検出するための分子認識ソフト界面を構築します。ハイブリッド単分子膜が、糖鎖-タンパク質などの弱い相互作用に対して有効であることを確認し、高感度認識ができる理由を、膜の構成状態、柔軟性など、電気化学手法や分光学的手法を組み合わせることにより解明していきます。

(2) 非特異吸着を抑えた分子認識デバイスの構築

疾病関連のレクチン類は実際の試料では非常に低い濃度なので、測定の際に得られるシグナル応答は極めて小さいことが多いので、応答の検出にはノイズの影響を減らす必要があります。非特異吸着を防ぐための柔軟性の高い基を持つ小さな有機分子と、糖鎖分子と

による混合単分子膜を作製します。このソフト界面により、非特異吸着を完全に抑え、ノイズの影響を減らすことができています。

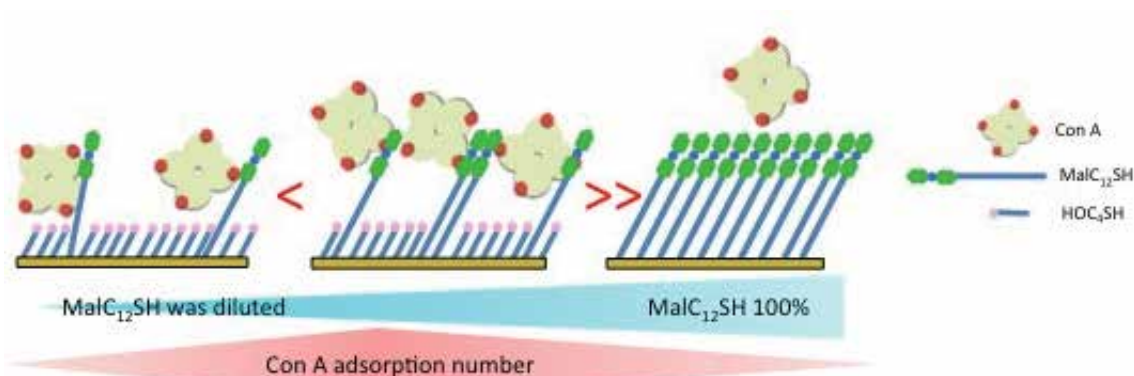
チオール分子膜は、タンパク質など大きな分子の進入を防ぎ、一方で分子量100程度の小さい分子は通過するという分子ふるい特性も有するので、電気化学的免疫測定などにも取り入れ、疾病マーカーなどをpg/mLレベルで検出できるデバイスの構築を目指しています。



ソフト界面を利用した分子認識デバイスのモデル

環境保全のための小型計測システムの開発

界面構築と電気化学検出をさらに発展させ、海水のアルカリ度や全炭酸、pHなどを測定する装置の開発にも取り組んでいます。陸から離れた海が研究現場になりますので、小型で長期間メンテナンスする必要もなく、連続して測定できる小型微量計測システムの開発が目標です。測定用電極材料の選択や性能評価、測定系内の生物汚染を防ぐ方法に、ナノ分離膜構築手法を活かしています。



レクチン認識に適したハイブリッド膜の構築

物質エネルギー変換講座

連携講座

ナノ構造・表面物性とバイオ材料の相互作用

研究キーワード 光物性、マイクロ流路、微生物、フィードバック系、ナノプローブ、量子ドット、ナノ構造



連携准教授

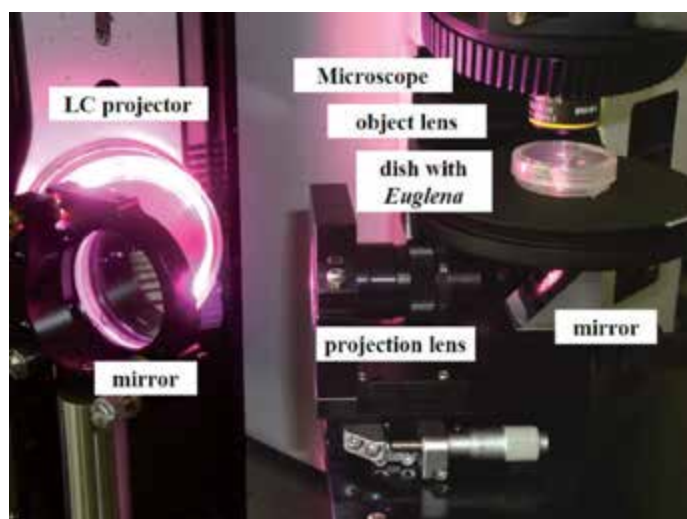
尾笛 一成
工学博士

バイオ材料と半導体表面ナノ構造の相互作用の研究

半導体ナノテクノロジーは、超高密度の集積回路や量子効果の現れるナノ構造を実現してきました。しかしナノ構造を作り出すテクノロジーは飽和してきており、これからは構造ではなく新しい機能の実現が要望されています。新しい機能を実現する方法として、バイオ材料と半導体表面との相互作用を研究しています。半導体のナノ構造や表面あるいは電解質との界面では、光励起キャリアや印加電圧が半導体の特性や表面化学反応に大きな影響を与えます。具体的には、半導体表面を無機材料や有機材料によって修飾しその特性をナノプローブで計測したり、その表面上での細胞や微生物の活動を計測制御することで、新しい機能を引き出す試みをしています。

(1) バイオ物理フィードバックシステムの構築

微生物や細胞などをバイオ材料として扱い、外部の物理系との間にフィードバックシステムを構築することで、バイオ材料の持つ揺らぎと方向性を持った時間変化を物理系に導入する研究です。光反応を示す遊泳性微生物ミドリムシを顕微鏡で観察し、それにニューラルネットワークアルゴリズムに基づく光フィードバックを与えることで新しいタイプの情報処理機能の発現を目指しています。



バイオフィードバック系

(2) 表面化学反応センサーの開発

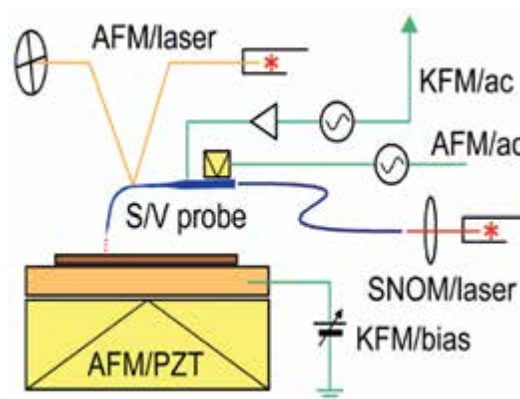
酸化チタンや金属や有機分子を半導体表面の上にパターンをつけて複合表面を形成し、電解質中で電圧を印加したり光照射を行うことでその表面で起こる化学反応を制御したり計測したりするセンサー機能の拡張を目指しています。

(3) ナノプローブ局所歪による量子ドット発光の制御

埋め込み量子ドット構造ヘナノプローブによって局所歪を与えることと発光が著しく増大することを発見しました。局所歪によるエネルギーバンド変調を実験とモデル計算によって解析し、高効率発光のための歪利用を追求しています。ファイバースコープの先端を FIB によって加工し、極低温 STM 装置を用いて計測実験を行っています。

(4) ナノプローブによる表面電位計測と光励起

表面電位をナノスケールで計測しながら光照射を行える装置を開発しました。それを利用して半導体上の有機分子膜の光制御とその場計測を目指しています。



SNOM-KFM

分子変換講座

連携講座

有用物質創製を志向する新しい有機化学の創造

研究キーワード 有機合成化学、有機フッ素化学、プロセス化学、生物活性物質、蛍光プローブ、蓄エネルギー物質



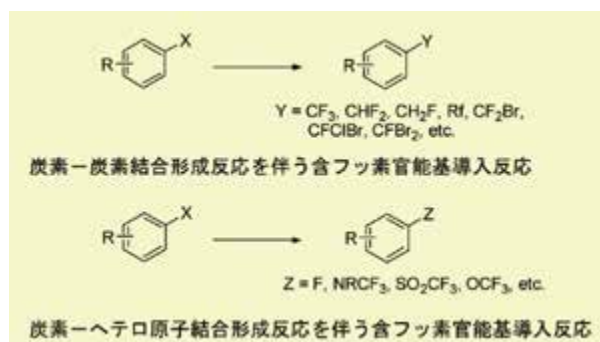
連携准教授

井上 宗宣
農学博士

公益財団法人相模中央化学研究所は、“化学”と“工業”を結ぶ基礎研究を行い、次代の化学工業の礎となる独創的な革新技術の種を産み出すことを目的として設立されました。相模中研の精密有機化学グループでは、その設立趣旨に基づいて、新しい反応開発・有用物質のプロセス開発・特異な機能を有する物質創製の三つの主研究課題を遂行し、社会に役立つ新しい“化学”を追求しています。真に有用な物質の創製を行うには効率的なプロセスが必要不可欠で、効率的なプロセス開発には時として新しい反応が必須です。また、新反応の発見は革新的なプロセスを生み、結果として有用物質の創製へと繋がる場合もあります。三つの歯車をうまく噛み合わせることで、新しい有機化学の創造に取り組んでいます。具体的な研究内容は次の通りです。

新しい反応開発（含フッ素官能基導入反応の開発）

含フッ素有機化合物はフッ素原子の持つ特異な化学的・物理的・生理学的特性により、医薬・農薬・液晶・機能性物質・高分子材料・冷媒・診断薬等に幅広く利用されています。一方、ある有機化合物の所望の位置に含フッ素官能基を導入してみようと考えても、簡便な方法というのはあまり知られていません。当グループではそれらの問題点を解決すべく、含フッ素官能基を有機化合物へ直接的に導入する方法の開発を行っています。特に、芳香族化合物に対する炭素-炭素結合形成反応又は炭素-ヘテロ原子結合形成反応を伴う含フッ素官能基導入反応の開発を行っています。

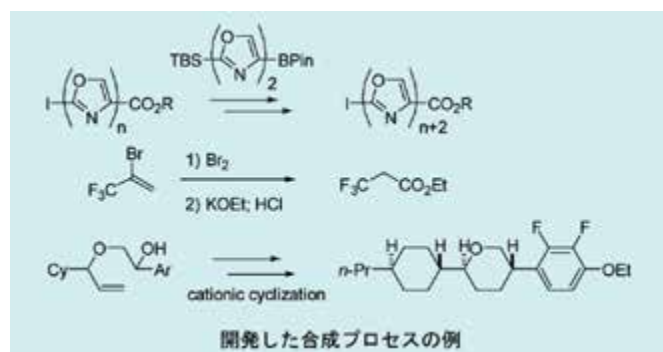


有用物質のプロセス開発

(有機ファインケミカルズの効率的製造法の開発)

石油資源の枯渇や二酸化炭素の排出問題などにより炭素資源の有効利用が強く求められている一方、私達の生活における医薬・香料・液晶材料・機能性色素等の低分子有機ファインケミカルズの重要性はますます高まっています。低炭素社会を実現するには、必要な有機化合物を限られた炭素資源から簡便に製造する方法を確立す

ることが必須であり、当グループでは医薬・液晶化合物、高分子モノマー等の有機ファインケミカルズの効率的な製造プロセスの開発に取り組んでいます。



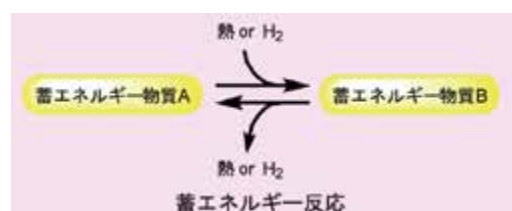
特異な機能を有する物質創製

(蛍光プローブ及び蓄エネルギー物質の開発)

高齢化社会が進む中、病気の治療と共に病気の早期発見ということがますます重要になってきています。DNA、RNA、たんぱく質等の生体内物質及び癌細胞などの生体内組織の可視化には蛍光色素が利用されており、病気の早期診断法として実用化されています。当グループでは、特にDNAや癌細胞を感知する蛍光色素及び蛍光プローブを創製し、診断薬の開発に繋げています。



エネルギー貯蔵技術の開発は、重要な社会的課題です。熱エネルギーやエネルギー源となる水素を有機化合物に作用させて一時的に貯蔵し、必要な時にそれらを再生できるシステムが構築できれば、現在人類が直面しているエネルギー問題の解決の一翼を担えると考えられます。このような蓄エネルギー物質（反応）の開発研究を行っています。



錯体電子化学講座

福島・小泉研究室

先端分子科学で挑む機能物質の創製

研究キーワード π 電子系分子・超分子・高分子、カーボンナノマテリアル、有機金属錯体、遷移金属錯体、自己集合、機能性分子集合体、ナノ構造体、電子移動、光化学、酸化還元、刺激応答機能、動的機能、エネルギー・物質変換機能



教授

福島 孝典
博士（理学）



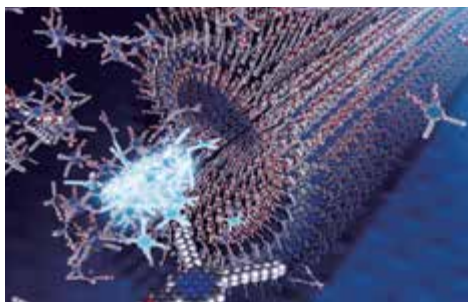
准教授

小泉 武昭
博士（理学）

我々の研究室では、様々な物性を有する分子群の創製と、分子自己組織化の精密制御を可能にする方法論の開拓を通じ、有機・高分子からなる物質、いわゆる「ソフトマテリアル」の革新的機能開拓を目指しています。光吸収・発光特性、電導性、磁性など、物性に富む π 電子系分子群をモチーフに、立体構造、電子構造、適切な元素・官能基の導入などを戦略的に考え、機能創製に向け合目的に分子をデザインします。合成した分子は、「自己組織化」や「ナノスケールの足場」などを利用して空間特異的に集積化し、巨視的にも分子配列が制御された物質を創製します。これらの物質では、個々の分子に起こるわずかな状態変化が巨視的レベルにまで増幅され、大きな機能を発現することが期待されます。さらに、複数の機能ユニットを効果的に集積化し、個々のユニットの性質の単なる足し合わせではなく、相乗的機能を発現させるための基礎学理を探索します。究極的には、生体に匹敵する高度な物質変換、エネルギー変換を実現する材料の開発を目指します。

分子自己組織化による電子・光機能性ナノマテリアル

有機材料科学の分野において、分子の自己組織化を利用した機能物質の開発は今最もホットな領域の一つです。我々はこれまでに、グラファイトの部分構造を有する分子を自己組織化させるための方法論を開拓し、世界初の電子・光電子機能を有する「分子性ナノチューブ」を創製することに成功しました。発展研究として、この構造体の特徴である「デザイン可能な表面」を活用し、特色ある多くのナノチューブの開発にも成功しました。これら一連の研究成果は、当該分野におけるマイルストーンとして世界的に認識されています。関連研究として、他の π 電子系分子を空間特異的に組織化させるデザインを見出し、「光電子機能を有するナノファイバー」の開発や、極めてユニークな「三次元構造を有する液晶材料」なども見出しています。最近では、様々な機能団を任意の様態で精密に集積化させることが可能な分子モチーフの開発にも成功しました。集合形態の精密制御により発揮される、物質の革新的機能を追求しています。



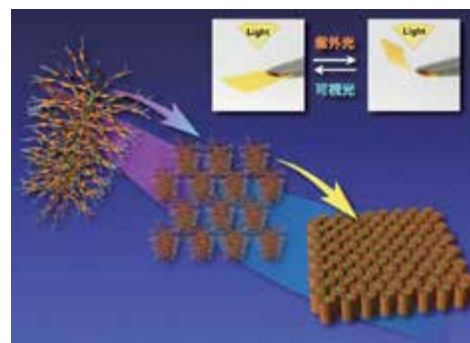
化学修飾したグラフェン状分子の自己組織化により形成する電子機能性ナノチューブ

外部刺激に応答して構造や性質を変える高分子

機能分子を大面積で規則正しく集積化させる手法は、次世代材料の開発にとって不可欠な要素技術です。しかしこれまで、分子集積体をセンチメートルの大きさで作製することは極めて困難でした。我々は、ブラシ状の高分子（ポリマーブラシ）を上手に利用すること

で、機能団を大面積で三次元的に一挙に配列させる手法を開発しました。導入する機能団として、光で構造を変える分子を用いると、光にตอบสนองして筋肉のように動く新しい材料が得られます。この新しい大面積分子集積化法は、いろいろな系に適用可能であり、分子の個々の機能を巨視的に引き出すことが可能な、新しい材料の開発が期待されます。

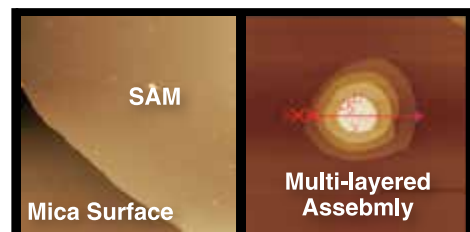
発展研究として、現在、デザインされた明確な相分離構造を有する高分子膜の創製も行っています。精密に構造制御された機能膜は、触媒・分離・透過膜やセンサーといった様々な応用展開が可能です。



ポリマーブラシの階層的な大面積集積化による光応答性材料の構築

固体表面や物質界面の物性を操る分子の道具

表面は、物質が外界と接するインターフェースであり、表面の性質をコントロールすることで、物質の性質を大きく変えることができます。また時には、表面物性のコントロールが、物質の内側を含めた全体の性質の制御につながることもあります。このような観点から当研究室では、物質表面にアプローチし、かつ、表面に機能団を自在に集積化することが可能な分子ユニットの開発を行っています。これまでに、自己集合ユニットの分子構造や対称性を工夫することで、自己組織化単分子膜 (SAM) の形で、ごく簡単に、機能団を基板上に高密度集積化することに成功しています。この性質を利用して、官能基を層状に高密度集積化したレイヤー状構造体の構築にも成功しています。この材料は、官能基層をイオン輸送チャネルとして利用することもでき、リチウム電池や燃料電池に用いる材料への展開が期待されます。

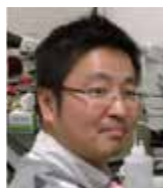


特異な二次元相互作用により固体表面に形成された自己組織化単分子膜 (SAM) と層状構造体

生体現象とエレクトロニクスをつなぐ有機・高分子

生体と、人間が創造したエレクトロニクスは相容れないシステムのように思われます。しかし、ソフトマテリアルをうまく設計することにより、これら二つのシステムを橋渡しすることができます。

例えば、優れた力学・電気特性を併せもつナノカーボンや有機分



特任講師
梶谷 孝
博士（工学）



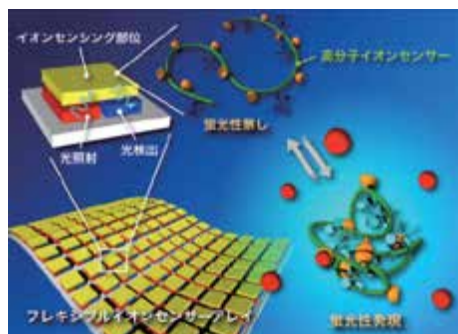
助教
庄子 良晃
博士（工学）



助教
石割 文崇
博士（理学）



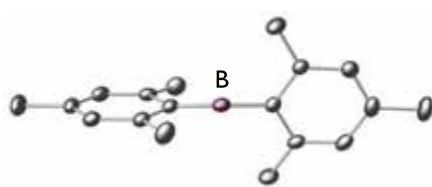
子と複合化させた新素材を開発しています。この物質は、イオン液体という物質がカーボンナノチューブと混ざるとゲルを形成するという偶然の発見から生まれ、現在では「人工筋肉」や「伸縮性有機エレクトロニクス」という新分野で応用されています。



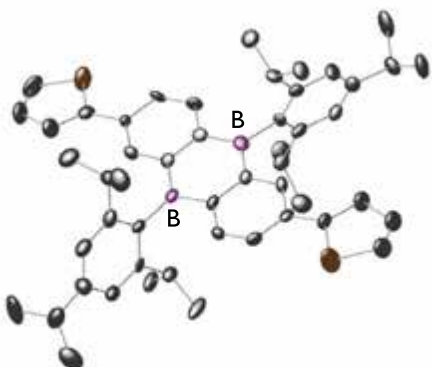
最近では、生体内で神経伝達に重要な役割を果たしているイオン種を有機エレクトロニクス技術で検出できるような、機能性高分子も開発しています。具体的には、高分子のダイナミックなコンフォメーション変化を利用し、汎用高分子をベースとした新たな高分子カルシウムセンサーを構築しました。この高分子は、カルシウムイオンが存在すると凝集し、蛍光を発するようになります。この材料を、柔軟なシート上に大面積で作成した折り曲げ可能なフレキシブル有機デバイスに組み込むことで、生体内でのカルシウム濃度の変化をリアルタイムで検出できるデバイスが実現するかもしれません。

元素の特性を活かした新化学種・反応活性種

物質の新しい形態を追求することは、物質の新しい機能を発掘するための根幹となるアプローチです。我々は分子の最小要素である「化学結合」に焦点をおき、前例のないユニークな化学種の開拓を行っています。例えば、独自の反応設計戦略により、化学結合の手を二本しか持たない「カチオン性ホウ素化合物」の合成に世界で初めて成功しました。通常、中性のホウ素化合物はホウ素原子から三本の結合が伸びており、ホウ素上に空のp軌道を有するルイス酸化合物です。これに対して、化学結合の手が二本しか伸びていないホウ素カチオン化合物は、極めて高いルイス酸性、すなわち「超ルイス酸性」を示すと期待されます。実際、



超ルイス酸性ホウ素カチオン化合物

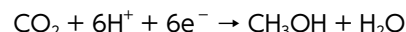


新規含ホウ素π共役化合物

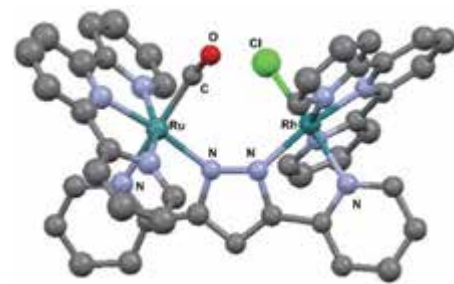
このホウ素カチオン化合物を用いれば、通常は不活性な二酸化炭素を活性化できるという驚くべき反応性を見出しています。いわば「最強のルイス酸化合物」へ向けた挑戦です。

配位子の特性を利用した機能性遷移金属錯体

金属錯体は、配位子の設計により様々な構造を形成します。基質の捕捉や活性化など、分子変換を行う上で重要な役割を持つ金属を複数使い、それらを適切な位置に配置することで、金属の特性を活かした共同型金属錯体触媒を構築することができます。このような観点から、我々は異種金属を組み込んだ複核錯体を合成し、小分子の活性化反応について研究を行っています。ターゲットの一つとして、二酸化炭素の多電子還元、特にメタノールへの変換反応を目指しています。これは、エネルギー源・化学工業原料のリサイクルによる二酸化炭素排出量の削減を達成するための重要な技術です。



現在は、二酸化炭素の電気化学的手法による多電子還元反応を実現する上で重要なステップである、一酸化炭素の還元的活性化に関して研究を行っています。例えば、下に示すルテニウム-ロジウム異種二核錯体では、Ruが一酸化炭素分子の捕捉および活性化、Rhが一酸化炭素還元のためのヒドリド供給の役割を担うことが期待されます。実際に、電気化学的還元によってRu上のCO配位子がメタノールへと変換されることを観測しています。この反応を利用することにより、一酸化炭素の触媒的多電子還元、さらには二酸化炭素からの変換反応の開発を目指しています。



一酸化炭素の電気化学的還元反応を行うための前駆錯体

その他、メタノールの高効率酸化触媒系の創出に向けた金属錯体の開発、柔軟な金属-配位子結合を利用した新規動的錯体の創製、π共役系の特性を活かした高次構造錯体の構築についても研究を展開しています。

学生のみなさんへのメッセージ

物質科学が我々の社会に果たす役割は、基礎・応用を問わず益々大きくなっています。今後一層重大になる「環境・エネルギー問題」の解決への取り組みも、物質科学の発展なくしてはなしえません。学問を通じて広く社会に貢献しようという「高い志」や、一つ所に留まらず常にフロンティアを突き進もうとする「チャレンジ精神」を持った学生の皆さん、是非我々の研究室を訪ねてみてください。

有機電子化学講座

中村・布施研究室

生体内微小環境で化学反応・生物応答を制御する

研究キーワード 有機合成化学、ケミカルバイオロジー、創薬化学、マイクロフロー合成、新規反応開発、抗がん剤、低酸素環境、中性子捕捉療法、リポソーム、光触媒、ケミカルラベリング

私たちの研究室では、有機合成化学を基盤に、新しいがん治療を目指した創薬研究、ケミカルバイオロジー研究分野での技術革新を目指して研究を展開しています(図1)。特に、がん細胞の低酸素環境や局所環境下での核反応に着目した研究や、タンパク質表面での局所環境下で選択的に機能するタンパク質分子修飾法の開発等に取り組んでいます。中村・布施研の研究は、金属触媒化学等に立脚した新合成方法論開拓をはじめ、創薬科学、ケミカルバイオロジーといった境界領域の研究分野、さらに応用展開型研究として中性子捕捉療法に展開しており、各研究テーマは共通して有機合成化学によるものづくりから始まっています。

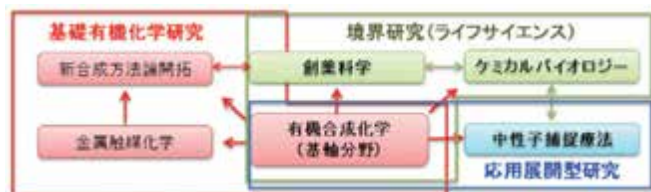


図1 中村・布施研の研究戦略

生物活性化合物や機能性分子をデザイン、合成し、得た分子を自分たちの研究室で評価することで、より優れた分子のデザインにフィードバックするといったスタイルで研究を展開しています。望みの化合物を合成するだけに留まらず、機能・活性評価の結果を有機化学的な視点から考察する力を養うことで、有機合成を基盤とした革新的な研究技術・疾患治療戦略につながる研究への展開を目指しています。

ホウ素を新しい医薬素材とする分子標的治療薬剤の開発

ホウ素は、生体内に存在しない元素であり、また空軌道をもつため電子供与性分子と弱い共有結合を形成します。また安定な3中心2電子結合により、安定な疎水性あるいはイオン性ホウ素クラスターを形成することから、私たちはユニークな立体電子的効果に基づく標的タンパクとの相互作用を期待してホウ素を新医薬素材とした分子標的治療薬剤の開発を進めています。特に、最近がん細胞の低酸素応答に関わるシグナルが、がんの悪性化に深く関わることに着目した創薬研究を展開しています(図2)。

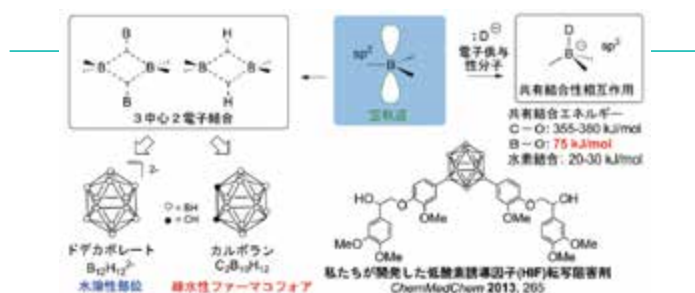


図2 ホウ素を用いる分子標的治療薬剤の開発



教授

中村 浩之
博士(理学)

准教授

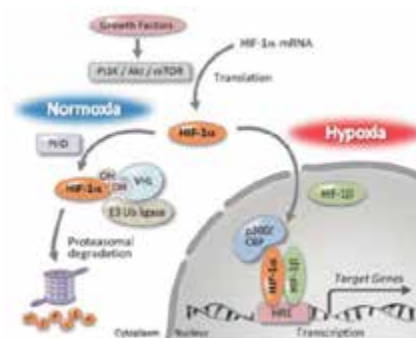
布施新一郎
博士(工学)

助教

佐藤 伸一
博士(薬学)

低酸素誘導因子(HIF)の阻害剤開発

固形腫瘍組織内では、正常組織と異なり酸素・栄養が不足しているため、血管網形成のために低酸素誘導因子(HIF: hypoxia inducible factor)-1 α による血管新生因子の産生が強く促されます(図3)。この経路を介してがん細胞の増殖や浸潤・転移が促進されるため、低酸素

図3 がんの増殖に関わる HIF-1 α の細胞内挙動

をがん分子標的とした阻害剤の研究開発が注目されており、私たちの研究室ではこのHIF-1 α 転写活性の阻害剤開発を目指した研究を行っています。具体的には私たちが見出したHIF-1 α 阻害活性をもつ化合物をリードに、有機合成化学による誘導体合成を行い、自ら合成した化合物の活性をタンパク質・細胞レベルで評価します。得られた構造活性相関情報を化合物デザインにフィードバックし、より高活性な化合物の創製を目指しています。また、ケミカルバイオロジー的研究手法によって、活性化合物が細胞内でどのような相互作用や生物応答を引き起こすのかを解明しようとしています。これまでに、がんの増殖に深く関与するHIF-1 α の阻害剤研究は広く行われており、数多くの阻害剤が開発されていますが、作用機構が不明なものも多く、また、細胞内でHIF-1 α の機能を制御するタンパク質相互作用の全貌は未解明です。

その中で、私たちは、合成化合物の中で最強クラスの活性を示す化合物の創製、阻害剤作用機構の解明研究を進めています。現在までに世界的にもほとんど報告例のない、分子シャペロンHsp60の阻害剤や脱SUMO化酵素SENPIの阻害剤を見出し、これらのタンパク質のHIF-1 α 機能制御への関与を示すことにも成功しています(図4)。

図4 私たちが開発した HIF-1 α 阻害剤

ホウ素中性子捕捉療法用の次世代ホウ素ナノキャリアの開発

ホウ素中性子捕捉療法(Boron Neutron Capture Therapy; BNCT)は低エネルギー熱中性子をホウ素薬剤に捕捉させ、熱中性子とホウ素10(^{10}B)との反応により、一細胞内の微小環境でリチウムと α 線を発生させてがん細胞を破壊する新治療法です(図5)。低エネルギー熱中性子は高エネルギー高速中性子と異なり人体に無害ですが、熱中性子と ^{10}B との反応は、リチウムとヘリウム原子核(α 線)を生じ($^{10}\text{B} + n \rightarrow ^7\text{Li} + ^4\text{He}$)、

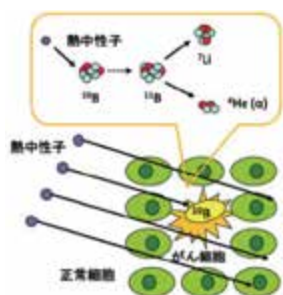


図5 BNCTによるがん治療の概念

この際、1つの細胞を破壊するのに十分な2.4MeVのエネルギーを発生します。理想的ながん治療は、正常組織に障害を与えずに、がん細胞を殺すことであり、BNCTにより有効な治療効果を得るにはホウ素薬剤をがん細胞選択的に運ぶ必要があります。そこで、血管形成が未熟な腫瘍組織はリポソーム等の微粒子が蓄積しやすいEPR効果に基づく腫瘍組織へのドラッグデリバリーシステムを開発しています。また、BNCTの臨床実用上、高濃度のホウ素薬剤をがん細胞に集積させる技術開発が求められています。私たちはこれを実現するため、ホウ素含有リポソームを開発しており(図6)、既に、マウスの腫瘍モデルを用いて優れた治癒、延命効果を得ています。さらにアクティブターゲティング法や、生体高分子のホウ素クラスター修飾に基づく次世代ホウ素ナノキャリアも開発しています。

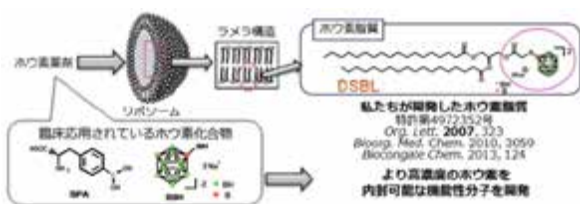


図6 ホウ素リポソーム開発の戦略

連続的カップリング反応による化合物群迅速構築法の開発

分子構造を系統的に変えた化合物群の迅速合成と機能評価により高質な構造機能相関情報を取得でき、高活性・高機能性化合物の創製へつながられます。私たちは図7の化合物について、パラジウム触媒によるカップリング反応等を駆使して合成ブロック(着色構造)を連続的に連結し、数十~数百化合物からなる化合物群の迅速構築を達成しています。また、その機能評価により構造機能相関を解明しました。さらに、アルツハイマー病治療薬候補として期待されるタウタンパク・ β -アミロイド凝集阻害剤(世界最高レベルの活性保持)、抗癌剤候補として期待されるスピロ化合物、薬物キャリアとして期待される非ラメラ液晶等の創製に成功しました。



図7 迅速化合物群合成・評価により創製した高活性・機能性分子

マイクロフロー反応を駆使する生物活性天然物合成法開発

理想的ながん治療は、正常組織に障害を与えずに、がん細胞を殺すことであり、BNCTにより有効な治療効果を得るにはホウ素薬剤をがん細胞選択的に運ぶ必要があります。そこで、血管形成が未熟な腫瘍組織はリポソーム等の微粒子が蓄積しやすいEPR効果に基づく腫瘍組織へのドラッグデリバリーシステムを開発しています。また、BNCTの臨床実用上、高濃度の特異な構造と強力な活性をもつ高度に官能基化された天然物は、創薬のリード化合物としても、ケミカルバイオロジー研究の化学プローブとしても重要です。しかし、これら天然物の合成では、多くの官能基の中から望む官能基を選択的に反応させねばならず、その合成は困難です。微小流路を反応場とするマイクロフロー反応を用いることで、1秒未満での反応時間の制御、厳密な温度制御が可能となり、光反応では光の減衰を抑えられます。私たちはこの特長をいかし、高度に官能基化された天然物を効率的に合成する手法の開発に取り組んでいます。現在までに、いくつかの天

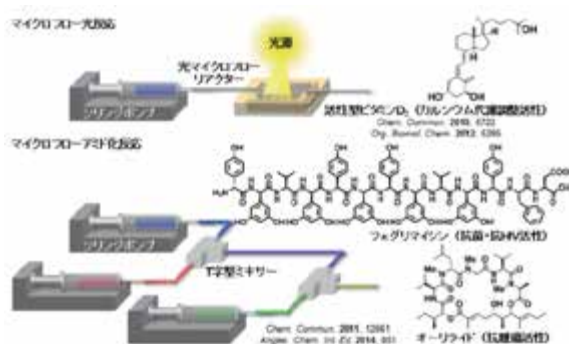


図8 マイクロフロー光反応・アミド化反応による天然物合成

然物やその鍵構造を合成しました。活性型ビタミンD₃の合成ではレーザーや添加剤不用の手法として世界最高収率を達成しました。また、マイクロフローアミド化反応ではわずか0.5秒でカルボン酸を活性化し、4.3秒でアミド化する手法を開発し、天然物の鍵構造合成を達成しました(図8)。

ラジカル反応制御による局所的タンパク質分子修飾法の開発

タンパク質の分子修飾は生命科学の研究において有用な手法ですが、現在汎用されている手法はLys, Cysといった求核性アミノ酸残基を求電子的な試薬により反応させて化学修飾させる方法に限られ、求電子的な反応以外の方法で天然のアミノ酸残基と特異的に効率良く変換を起こす反応の開発は挑戦的な課題です。この背景の中で私たちは、化学修飾が難しいとされるアミノ酸残基への新規化学修飾法を開発すべく、ラジカル反応の制御という新たな切り口で取り組んでいます。また、私たちはこの化学修飾法をケミカルバイオロジー研究における低分子化合物の標的タンパク質同定にも応用することを目的に研究を展開しています。

既に光触媒であるRu(bpy)₃錯体を用いた一電子移動型の反応により、芳香族アミノ酸Tyr残基に対する修飾法開発に成功しています。N,N-dimethylamino-N'-acyl phenylenediamine構造がTyr残基と光触媒の活性化条件において効率的に縮合反応を起こすことを見出し、タンパク質のラベル化にも適用可能なTyr残基の化学修飾法を開発しています。また、一電子酸化触媒であるRu(bpy)₃錯体にタンパク質親和性リガンドを共役させることで、この触媒はタンパク質の混在系においてもリガンドが標的とするタンパク質に選択的に結合し、その周辺でのみラジカル的なラベル化反応を触媒できることを明らかにしました(図9)。

本研究の独創性は、タンパク質の混在系で任意のタンパク質上のアミノ酸残基にラジカル種を発生させ、制御できる点にあります。現在、本技術によって得られたタンパク質のラジカル応答における挙動を対象とした研究を開始しています。

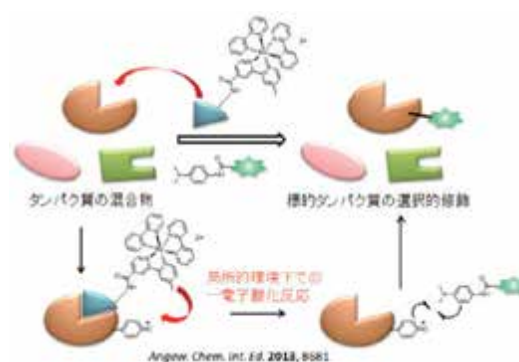


図9 リガンド結合型Ru光触媒による標的タンパク質選択的ラベル化法

中村研究室は2013年9月に新しく立ち上がった研究室で、教員は、理学、工学、薬学といった異なる分野出身であり、分野融合研究室です。向上心さえあれば、分子のデザイン・合成から、評価、新規な活性・機能性分子の創製に至るまでの研究課題を個人で遂行できる研究・教育環境があります。有機化学と生物学の境界領域で、世界に先駆けた研究と一緒に展開してみませんか。

生物電子化学講座

田中・今村研究室

細胞システムの理解から そのデザインへ

研究キーワード 進化細胞生物学、システム生物学、バクテリア、葉緑体、ミトコンドリア、真核細胞、細胞共生、光合成、シグナル伝達、環境応答、代謝制御、大腸菌、シアノバクテリア、微細藻類、植物、バイオマス、バイオ燃料



教授
田中 寛
農学博士



准教授
今村 壮輔
博士（農学）



助教
小林 勇気
博士（理学）



助教
島田 友裕
博士（工学）

地球上には無限とも思える生物多様性がありますが、それら生物の全ては細胞からなり、細胞は生命活動の基本単位といえます。その構造の違いから、細胞は細胞核をもつ「真核細胞」と、細胞核をもたない「原核細胞」に分類されますが、遺伝子の配列情報による系統解析により、原核細胞はさらに「バクテリア」と「アーケア」に大別されました。地球上の生命には共通祖先があり、全ての細胞はその子孫と考えられています。従って、これら3種細胞の機能の基本的枠組みと相互関係を明らかにすれば、生命機能の根本を理解できたといえるでしょう。本研究室では、バクテリア細胞の代表として大腸菌とシアノバクテリア、極めて原始的な特徴をもつ真核細胞である微細藻類「シゾン」を材料に、細胞システムの根本的な成りたちや進化について研究を進めています。このような研究の先には、細胞増殖や代謝機能の制御により、様々な生体機能の効率的な活用や制御が可能となると考えられます。

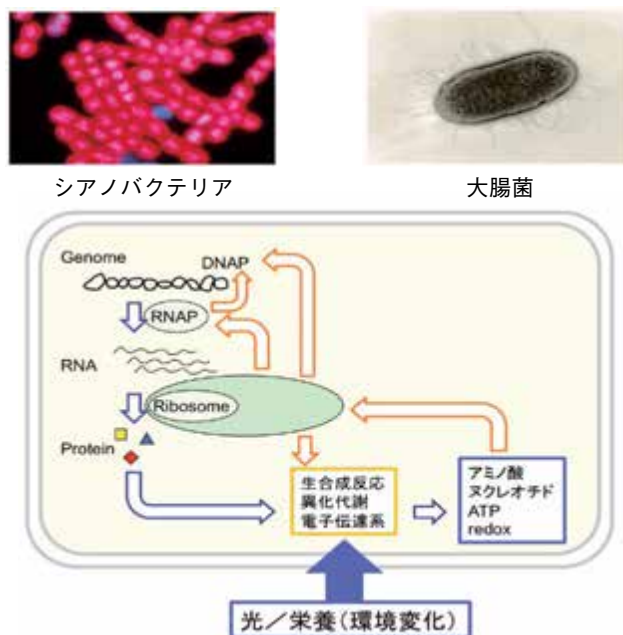
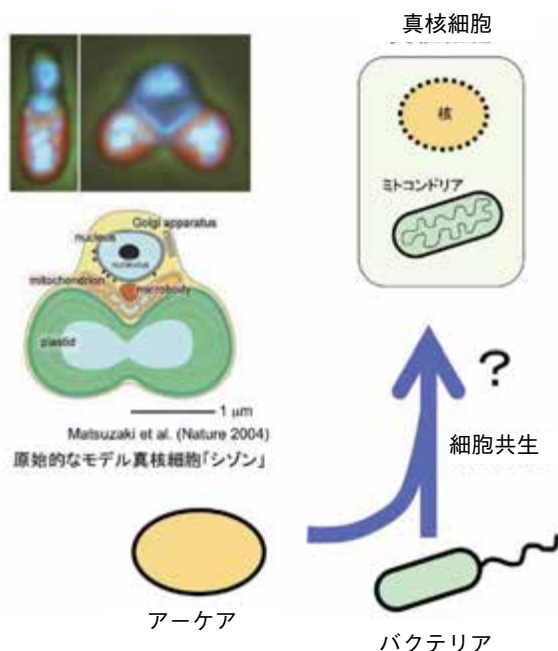
真核細胞の根本を細胞共生から考える

今から38億年前には、地球上に既に生命が誕生していたと考えられています。この当時の生命は「原核生物」であったと推定されますが、それがどのようなもので、現在のバクテリアやアーケアとどのような関係にあるのか確かなことは判りません。更にそこから長い時間を経て、真核細胞が生まれたのが十数億年前。この際にはアーケアとバクテリアの間での「細胞共生」が大きな進化を引き起こしたと考えられています。真核細胞の中には核だけでなく、ミトコンドリアや葉緑体というゲノムをもったオルガネラがあり、共生進化の歴史を物語っています。私達は極めて原始的な真核細胞である微細藻類シゾン (*Cyanidioschyzon merolae*) を研究することで、細胞共生を可能とした分子メカニズムや、真核細胞の根本的な枠組みを解き明かそうと考えています。シゾン細胞には核・ミトコンドリア・葉緑体が一箇所ずつのみ含まれており、これら共生由来オルガネラの相互作用を解析するには理想的な材料であるといえます。さらに、シ

ゾンで明らかになった基盤情報は、複雑化した高等動植物細胞の理解にも大きく役立ちます。私達はこのような展開を、動植物の細胞系を材料として既に開始しています。

細胞生命の根本は原核細胞にあり

真核細胞は原核細胞の共生に由来し、共生したバクテリアはエネルギー代謝（呼吸、光合成）の中核として今も真核細胞の中で生き続けています。そう考えると、原核細胞システムの理解が全ての細胞の理解に必須であることが判ります。バクテリアにおける細胞制御の枠組みは、遺伝情報の転写翻訳というセントラルドグマにより理解済みであると考えられがちです。しかし、細胞の増殖や代謝活性が決められる論理を知るには、より包括的な全体像が必要です。私達は光を主要なエネルギー源とするシアノバクテリア、研究基盤の最も整った大腸菌を材料として、この枠組みをモデル化し、実験的に検証しようと考えています。



藻類を用いたバイオ燃料生産に向けて

国際エネルギー機関がピークオイルを宣言したこと、日々地球温暖化による影響が深刻さを増していることから解るように、化石資源由来エネルギーに代わる新エネルギーの生産・利用促進が世界規模で急務となっています。我々は、藻類の遺伝子発現を人為的に操る事により、バイオマス（炭化水素など）生産実現を目指した研究を行っています。藻類は、単位時間・単位面積あたりのバイオマス生産量が非常に高いことから、バイオ燃料生産に適した生物として有望視されています。しかしながら、バイオマスを高生産するために必要不可欠な基礎科学的知見の蓄積や遺伝子を自由自在に操る技術に関する研究は進んでいないのが現状です。当研究室ではそれら課題解決に向けて、主に分子生物学的・遺伝子工学的手法を用いて取り組んでいます。更には、得られた知見を基盤として、藻類を用いたバイオ燃料生産への応用を目指しています。

1. シンゾンを用いた炭素・窒素代謝制御に関する研究

藻類によるバイオマス生産とは、光合成によりCO₂が有機物に固定され、脂質や糖質が合成される過程です。我々は、その過程を代謝調節の視点から最大化することにより、バイオマスの生産性を上げることを目指しています。そのためには、外界からのCO₂同化量と、同化された炭素を望ましいバイオマスに変換するアウトプットの両方を考慮して検討することが重要です。藻類は本来、自己の増殖のためにCO₂を固定し、その余剰分を脂質や糖質などとして貯蔵します。そのCO₂の固定（インプット）は、様々な状況で調節されています。例えば、アミノ酸や核酸のような生体分子を合成するためには、炭素源（CO₂）と窒素源はバランス良く同化される必要があります。窒素源の不足は一般的にCO₂固定を抑制します。この現象は古くからC/Nバランスとして良く知られています。従って、CO₂

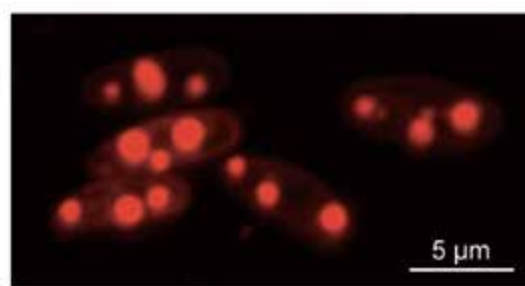
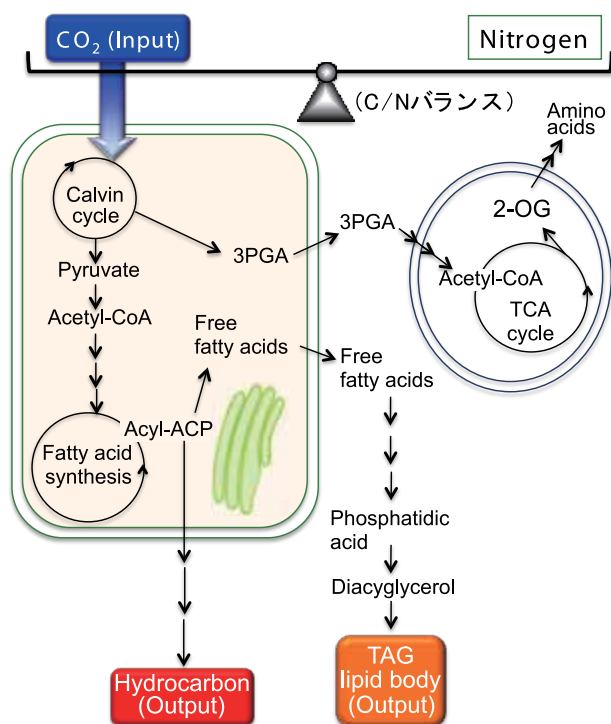
の同化量、強いてはアウトプット量を増やすためには、炭素同化系を強化すると同時に、窒素同化系とのバランス制御による抑制を解除する必要があります。その課題を解決するため、藻類のモデル生物であるシンゾンを用いて、炭素代謝と窒素代謝の制御機構をそれぞれ分子レベルで解明することを試んでいます。更に、明らかになった情報を基盤とし、2つの制御機構のクロストークを明らかにすることを目指します。

2. 炭化水素生産に関わる遺伝子の解析

Pseudochoricystis ellipsoidea は、シンゾンと同じ微細藻類ですが、従来分離された藻類のなかでもユニークな形質を有しています。それは、培養している培地中から窒素源を除くと、細胞内にトリグリセリドに加えて、heptadecane (C₁₇H₃₆) などの炭化水素を乾燥藻体重量あたり約10% (w/w) 蓄積すると言う点です。また、高い増殖能力（早い増殖速度と高い増殖密度）を示し、酸性条件下でも増殖するため、屋外開放培養系で、他の生物の混入を排した培養が可能であり、藻類を用いたバイオディーゼル生産に適した藻類であると考えられています。我々は、この特殊な藻類の特許を有する株式会社デンソーと中央大学の研究グループと共同で、炭化水素生産に関わる遺伝子の同定と機能解析を分子生物学的手法を用いて行っています。

3. 基礎的研究知見を基盤とした応用研究

前述した、炭素・窒素代謝と炭化水素生産に関わる制御因子の基礎科学的情報を元にして、遺伝学的改変による代謝経路強化の方策を立てます。その後、実際に細胞に鍵となる遺伝子を導入するなどして、アウトプット量が増えているかを検証してゆきます。有用な株については、実際に屋外開放系で大量に培養し、バイオ燃料生産に向けての実証試験を行います。



P. ellipsoidea のナイルレッド染色像
赤色の球状の構造体が細胞内に蓄積した油滴

最近の論文から

1. Kobayashi et al. (2011) A tetrapyrrole-regulated ubiquitin ligase controls algal nuclear DNA replication. *Nature Cell Biol.* 13, 483-487.
2. Imamura et al. (2009) R2R3-type MYB transcription factor, CmMYB1, is a central nitrogen assimilation regulator in *Cyanidioschyzon merolae*. *PNAS* 106, 12548-12553.

電子分光化学講座

藤井・酒井研究室

イオンで計る分子の指紋

研究キーワード レーザー分光、2波長分光法、超音速分子線、クラスター、反応ダイナミクス、ピコ秒時間分解分光、超解像顕微鏡法、高感度環境分析法



教授

藤井 正明
理学博士



准教授

酒井 誠
博士 (理学)



助教

石内 俊一
博士 (理学)



助教

宮崎 充彦
博士 (理学)

化学と物理の境界領域：レーザー分光

私たちの研究室は2台以上のレーザーを同時に用いる様々なレーザー分光法を開発し、分子や分子集合体（クラスター）の構造と反応素過程を解明しています。赤外線吸収は分子振動を示し、分子の構造と環境を鋭敏に反映するため「分子の指紋」に例えられます。私たちはこの「分子の指紋」である赤外スペクトルを鋭敏にとらえる様々な2波長二重共鳴分光法を開発しています。特に、レーザーイオン化を利用したIR-UV二重共鳴分光法は、極めて高感度であり、希薄な気相分子の赤外スペクトルも明瞭に捉えることが可能です。

このような測定や方法論の開拓を主体とする化学は、化学に新分野を拓く可能性がある上、化学関連分野に対しても大きな発展性を有しています。一つは、この方法が極めて高感度であることを利用した新たなリアルタイム環境分析法の開発です。もう一つは、2波長分光法と顕微鏡光学を融合して初めて可能となる、物理限界を突破した高分解能光学顕微鏡・ナノ顕微分光への発展です。

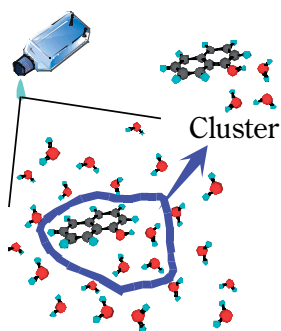
このような新たな方法論の開発は物理化学の重要な役割であり、私たちは物理と化学の境界領域のフロンティアを目指しています。また、統合研究院（ソリューション研究機構）と連携し、あるべき未来社会の実現を目指すソリューション研究としても推進を図っています。

反応活性クラスターの構造とダイナミクス

私たちは光化学反応のメカニズム解明を目指して溶媒和クラスターの中で起きる光化学反応中の赤外スペクトル測定を行なっています。溶媒和クラスターとは、溶質分子と定まった数の溶媒分子だけが気相で集合したもので、溶液・凝集相の一部を切り出した、いわばナノスケールの溶液です。この中ではエネルギーが系内で閉じており、分子配向も固定されている

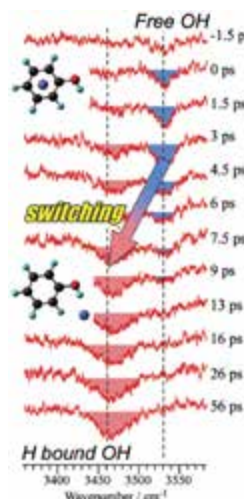
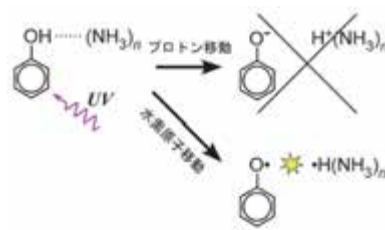
ので、反応素過程を研究する上では理想的な環境です。しかし、クラスターは濃度が希薄な超音速分子線で発生するため普通の赤外スペクトルは測定困難です。私たちは3台のレーザーを組み合わせたUV-IR-UV Dip 分光法を独自に開発し、紫外レーザーで光化学反応を開始したクラスターの赤外スペクトルの測定に世界で初めて成功しました。

これによりプロトン解離しか想定されていなかったフェノールの酸性 OH 基が中性ラジカル開裂する新たな光化学反応（励起状態水素移動反応）を見いだすことに成功しています。さらに、ピコ秒UV-IR-UV レーザー装置を開発して世界に先駆けてクラスターの



時間分解赤外スペクトルの測定に成功し、この反応中間体の生成過程を実時間で解明しつつあります。

また、イオン化によりフェノール分子の親水性と疎水性がスイッチし、配位したアルゴン原子が時速300kmで配位場所を変えて飛行する様子を捕らえることに成功し、分子の親和性のイオン化スイッチングという概念の確立を進めています。これらは仏国パリ大、英国マンチェスター大、独国ベルリン工大との国際共同研究であり、世界的にも重要なトピックスになりつつあります。

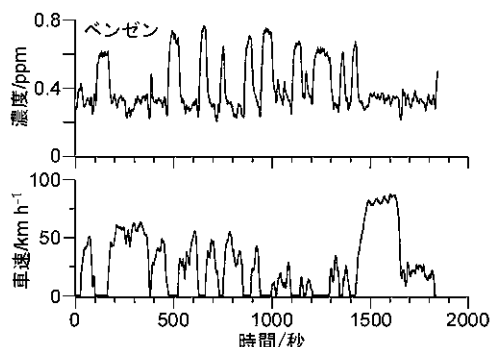


共鳴多光子イオン化法によるリアルタイム高感度分析法の開発

環境問題、特にごく微量で人体に有害な影響を与える内分泌攪乱物質（環境ホルモン）の問題に端を発し、自動車や焼却炉などの排気ガスと周辺環境の極微量な化学物質をリアルタイムで測定する手段が求められています。しかし、従来の分析手段では極微量の化学物質を同定するために化学的な分離、濃縮操作が不可欠です。たとえばダイオキシンの測定にはこのような前処理を含めて2週間もの

期間が必要であり、極微量物質のリアルタイム測定は大変困難でした。

私たちがクラスターの分子分光に用いている多光子イオン化法は、様々な分子種が共存する中で目的とする分子種だけを高感度で測定しているので、まさにこの超高感度・前処理無し・リアルタイム測定を実現できる方法です。そこでこれまで培った測定技術を土台として、イオン光学系、検出器、イオン化光源を含む総合的な開発研究を推進し、ppt 感度・前処理無し・リアルタイムの測定が実現できることを実際の自動車や焼却炉などから排出される排気ガスで実証しています。ここで得られる成果は実社会の高感度環境分析と工業プロセスモニターにも新展開をもたらし、環境と調和した産業社会のあるべき姿を作るソリューション研究と位置づけています。



2 波長分光法に基づく超解像顕微鏡法の開発

レンズで絞り込んだ光の大きさは、光の回折のために光の波長より小さくすることはできません（回折限界）。このため従来の光学顕微鏡は光の波長より小さな物体を観察できませんでした。一方、私たちが分子やクラスターの構造と反応素過程を解明するために開発・応用してきたレーザー分光法の中には、2つのレーザー光を同時に当てると発光が消える（蛍光抑制効果、2波長蛍光ディップ分光法）、あるいは新たな光が発生する（過渡蛍光発光、振動和周波発生）という現象を見出すことができます。この現象を顕微鏡法に利用すると、2色のレーザー光を絞り込みながら空間的に上手く重ね合わせる事で光の波長より小さな領域（重なり部分）だけに発光領域を制限することができます。この状態でレーザービームを空間的に掃引すると、従来の光学顕微鏡では見えなかった光の波長より小さな試料の大きさ・形状が測定できるようになります。現在は、「分子の指紋」領域

である赤外波長領域まで発展させた赤外超解像顕微鏡法の開発を主に行なっています。赤外光の波長は一般的な細胞の大きさ（ $\sim \mu\text{m}$ ）よりも長いので、単一細胞内部の赤外吸収の違いを調べることは不可能でした。私たちの開発した、この常識を覆す赤外超解像顕微鏡を用いることで、細胞内部の各点における赤外吸収の変化を調べることが可能になり、不均一系の代表である細胞内部の構造や活動を分子レベルで可視化するナノスケール測定と顕微分光が始まりつつあります。



国際共同研究

励起状態水素移動反応やイオン化スイッチング反応などは世界が注目しているトピックスであり、国際共同研究が必要です。私たちの研究室では、外国の研究者が頻繁に滞在するだけでなく、研究室の学生の海外派遣も盛んに行っています。仏国パリ大、英国マンチェスター大、独国ベルリン工科大、韓国ソウル大、デンマーク・コペンハーゲン大などとの共同研究が進行中であり、学生の相互派遣が行なわれています。



触媒電子化学講座

野村研究室

環境にやさしいものづくり—その決め手は触媒—

研究キーワード 分野：触媒化学、グリーンケミストリー、機能性材料、赤外分光法

対象材料：ゼオライト、メソポーラス物質、単分散シリカナノ粒子



准教授

助教

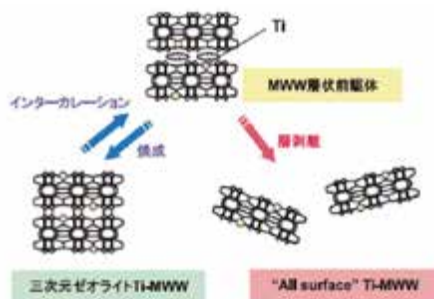
野村 淳子
理学博士横井 俊之
博士（工学）野村研究室 <http://www.res.titech.ac.jp/~shokubai/top.html>

現在我々が直面しているエネルギー問題・環境問題の解決に、新規な触媒および触媒反応の開発は本質的な重要性をもっています。触媒化学部門では、ゼオライト・メソポーラス物質・規則性シリカ粒子などの新しいナノ材料の設計とこれらの材料を中心とした触媒反応プロセスの開発を行っています。有用な物質をつくる際に、危険な薬品を用いたり、環境に有害な廃棄物を排出することのない新しい化学を築き上げること、それが私たちの目標です。

ゼオライト

ゼオライトは結晶構造の中に分子サイズの孔を持つ非常にユニークな物質であり、触媒や吸着材として様々な分野で実用化されています。

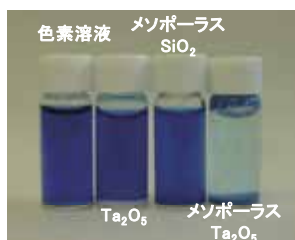
私たちはTiを骨格に含んだゼオライトが過酸化水素を酸化剤とした酸化触媒として非常に有用であることを見出しています。中でも、MCM-22 (MWW) というゼオライトが柔軟性をもち、層状前駆体とMWW結晶との構造変換が可逆的に起こることを発見しました。この現象を利用して、酸化活性点であるTiを結晶構造の特定の場所に配置したことで、現在の工業触媒の数倍の活性を示す画期的な触媒を得ることができました。



個性の強いメソポーラス遷移金属酸化物

遷移金属酸化物はもともと個性が強く、メソポーラス構造をとることと特徴的な様々な機能の発現が期待されます。

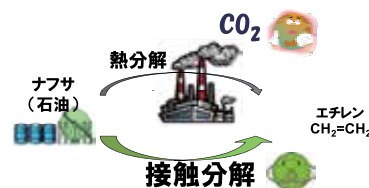
私たちは遷移金属酸化物を骨格としたメソポーラス材料を調製しています。たとえば、酸化タンタルのメソポーラス構造の細孔空間は非常に疎水的になります。右の写真では色素がメソポーラス酸化タンタルの疎水空間に取り込まれ、水層から分離できることがわかります。この特徴的な性質は、水中に微量存在する有害有機分子の除去などに応用することができます。



ナフサからエチレン・プロピレンへ

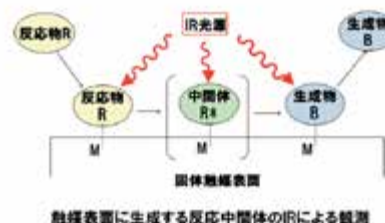
石油化学の基礎原料として重要なエチレンやプロピレン等の低級オレフィン、現在主にナフサの熱分解により製造されています。一方、ゼオライトを触媒としたナフサの接触分解反応は、現行の熱分解に比べ比較的低温で反応が進行し、プロピレン/エチレンの制御も容易であることから新たな低級オレフィン製造法として注目されています。

私たちはナフサ接触分解プロセスの実用化に繋がる高性能ゼオライト触媒の開発を行っています。

触媒反応はなぜおこるの？
— IR 法による触媒上の分子の観測 —

触媒反応は、活性点と呼ばれる特別なサイトで進行することから、活性点の構造や反応機構の詳細を理解することは、触媒開発のためのみならず学術的にも重要です。私達は触媒反応の理解を進めるためにIR法を用いて、分子が触媒上に吸着する様子や吸着分子が活性化され触媒反応が進行する過程を基礎から詳細に調べています。

私たちはメタノール転換反応を段階的に進行させ、且つ実際の反応条件よりも低温下で希薄なメタノールを用い、その過程をIR法により解析しました。その結果、メタノール転換反応の素反応の1つであるエチレンのメチル化について有用な情報が得ることに成功しています。



研究室の活動

ゼミ（研究成果発表、文献紹介）に加えテーマごとにディスカッションを定期的実施しています。また、日本化学会、触媒学会、石油学会、ゼオライト学会および関連の国際学会などで学生の皆さんが積極的に研究成果の発表を行っています。

固体物性化学講座

川路研究室

物質における機能性発現機構の解明と制御

研究キーワード 誘電体・磁性体・超伝導体・イオン伝導体の物性と構造の相関、ナノ細孔に閉じ込められた物質の相転移挙動、相転移による機能性制御



教授

川路 均
理学博士

川路研究室では、世界最高精度度の熱測定技術などを駆使し、自由・闊達な雰囲気の研究活動を展開しています。

機能性材料における格子振動と相転移に関する物性化学研究

多くの物質の機能性には相転移現象が大きな影響を与えています。例えば電気抵抗がゼロになる超伝導現象はある特定の臨界温度以下でしか発現しません。このような相転移現象の機構を明らかにすることは機能性物質の探査・設計において重要です。当研究室では、誘電体、磁性体、マルチフェロイクス、超伝導体、金属ガラス、イオン伝導体、ナノ細孔物質、イオン液体などにおける相転移現象の機構解明とそれに基づいた相転移制御の可能性について研究しています。特に世界最高精度の断熱型熱量計による精密熱容量（比熱）測定を用いて物質の標準エンタルピー、エントロピー、ギブズエネルギーなどの熱力学諸関数の絶対値を決定するとともに、各種物性測定や分光学的手法を駆使して結晶中の原子、分子運動の詳細を調べるなど、総合的な研究を進めています。

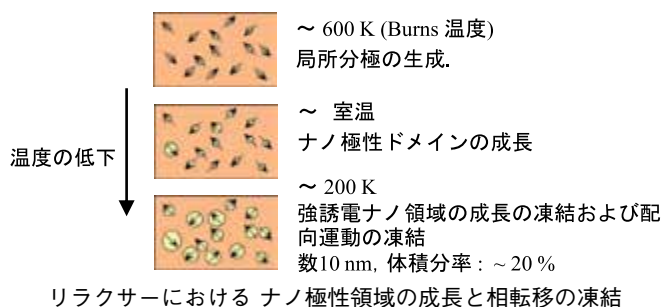


断熱型熱量計

極低温熱容量測定用
希釈冷凍機プローブ

誘電体結晶の相転移（強誘電体、リラクサー、インコメシュレート相転移、巨大粒子サイズ効果）

ある種の誘電体結晶では、逐次相転移現象、相転移が凍結したリラクサー、ある種の自由度（分子の配向など）の周期が結晶の並進対称性とずれた周期をもつインコメシュレート相の発現相転移における巨大粒子サイズ効果などの興味深い現象が現れます。その機構解明に向けた研究を行っています。



磁気相転移、超伝導相転移に関する研究（フラストレーション、マルチフェロイクス、超伝導）

2次元の三角格子や正四面体が頂点共有でつながったパイロクロア格子などで、反強磁性的な相互作用が競合し、複雑かつ特異な性質が現れます。これらの性質について、特に希釈冷凍機を用いた極低温での研究を行っています。

イオン液体の低融点の起源に関する研究

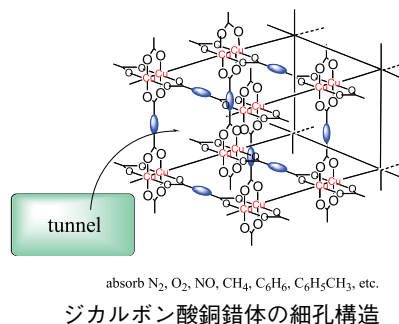
一般にNaClのような無機塩の融点は高温ですが、嵩高い有機カチオンおよびアニオンで構成される塩には室温で液体になるものがあります。これらは高イオン導電性、不揮発性、化学的安定性などの興味深い特性を持つことから注目を集めており、現在多くの研究が行われています。しかし、低融点の機構については解明されていない点が多く残されています。研究室ではイオン液体の熱力学的性質を調べ、特に融解現象を中心に解析を行っています。

イオン伝導体に関する研究

燃料電池を始め各種電池材料やガスセンサーなどへの応用が期待されるイオン伝導体について、構造と熱物性およびイオン伝導機構との相関を調べています。とくに高温におけるイオン伝導性を支配する欠陥構造について、極低温領域での精密熱容量測定により知見を得ようとしています。またイオンの欠陥構造や微視的運動と巨視的物性量の関係を明らかにし、イオン伝導機構を解明するために分子動力学シミュレーションを行っています。

ナノ細孔を有する金属錯体における相転移現象の研究

ナノメートルの細孔を有する金属錯体は結晶中に大量の分子を吸蔵することができます。さらに、吸蔵された分子に起因した相転移現象も現れます。本研究室では分子吸蔵機構や相転移機構を熱力学的立場から調べています。また、分子吸蔵機構についての計算機シミュレーションによる研究も行っています。



新熱測定技法の開発とその応用

熱容量の周波数依存性や超微量試料での熱容量測定技法、精密熱膨張測定をはじめ、いろいろな新しい熱測定技法の開発研究を行っています。

固体物性化学講座

松下研究室

材料プロセスのフロントランナーズ

研究キーワード 溶液プロセス、バイオマテリアル、バイオセンサ、燃料電池、フェライト、透明導電性材料、インクジェット、スピンスプレー



准教授

松下 伸広
博士（工学）

本研究室では化学的手法を生かした材料・プロセスの開拓を行っています。東工大そして日本が誇る分野で世界に先駆けた研究をしてみませんか。

低環境負荷溶液プロセスの開拓と応用

ーインクジェット・スピンスプレー・水熱合成・高周波誘導加熱ー

本研究室では、①前駆体溶液の作製、②化学反応や③光触媒反応の活用による機能性材料用のプロセス開拓を精力的に行っています。これらのプロセスにより、蛍光パターンニング (図1 (a))、中空ナノ粒子、ナノワイヤーアレイ光電極 (図1 (b))、透明導電膜 (図1 (c))、モバイルツール内のノイズを抑制する強磁性酸化物膜 (図1 (d)) などの作製に成功しています。

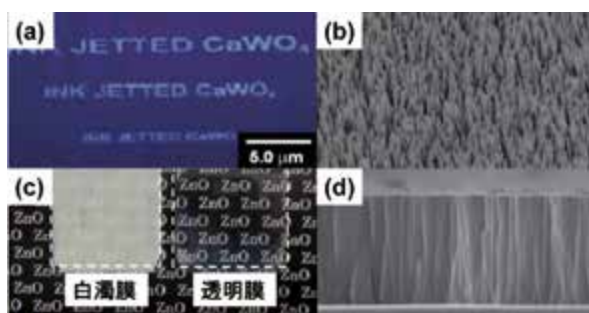


図1 (a) 蛍光 CaWO_4 の文字、(b) ナノロッドアレイ型光電極、(c) 透明導電性 ZnO 膜、(d) 電磁ノイズ抑制フェライト膜

ナノ粒子・ナノ構造の形成とバイオ／エネルギー応用

機能性材料はナノ粒子化することによって触媒活性の向上や超常磁性など、ユニークな性質が得られます。これはサイズが小さくなることでバルクとは全く異なる量子化学的な性質などが顕著に現れるからです。

我々は結晶性が高く、分散性のよいナノ粒子やナノ構造を形成可能な環境負荷の低い溶液プロセスを開発してきました。

現在は磁性ナノシート、コアシェルナノ粒子、ナノロッドアレイ、自己組織化について研究を進めており、ドラッグ・デリバリー・システム (DDS)、バイオセンサ、固体酸化物型燃料電池 (SOFC) 等への応用を目指しています。

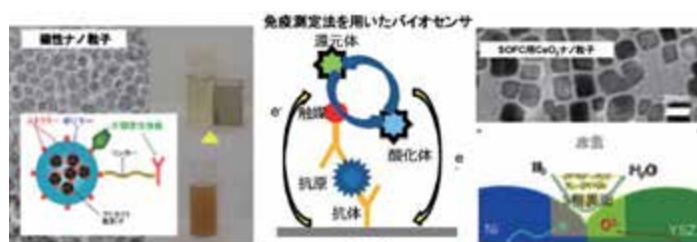


図2 溶液プロセスで合成した磁性ナノ粒子による DDS ビーズ、バイオセンサ、SOFC 用ナノ粒子

溶液法によるナノ構造制御とインプラント応用

金属ガラスや Ti-Nb-Ta-Zr 合金はいずれも高靱性、高比強度、高耐食性に優れ、次世代のインプラント材料として期待されています。しかし、生体活性が十分ではなく、体内で骨の主成分であるアパタイトを表面に誘導し難いという問題点がありました。

水熱電気化学法により表面ナノ構造を制御することで、生体硬組織である骨や軟組織である歯肉等に適した表面状態の創製を目指しています。

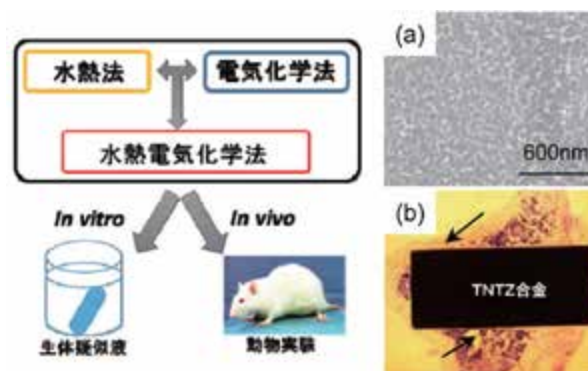


図3 ナノ構造制御による生体活性化
(a) 水熱電気化学処理後の表面ナノ構造
(b) ラットの脛骨埋入後の組織観察

〈研究室生活のあれこれ〉



卒業生・在校生からのメッセージ

**臺谷 美里**

平成26年4月修士課程入学

大学院進学を意識し始めた頃、正直なところ本専攻の受験は全く考えていませんでした。たまたま本専攻の説明会が地元大阪であることを知り、とりあえず軽い気持ちで説明会に参加し、様々な魅力を感じたのが、私が本専攻への進学を目指すきっかけでした。本専攻は他の大部分の大学とは異なり、学部を持たない大学院であるため、研究に関してまわりと同じタイミングで新たなことに取り組み始めることが出来ます。他大学へ進学し、異なる環境で新たな研究に携わってみたいと感じる一方、研究に関しても友人関係に関しても研究室の同期より1年遅れてしまうことが不安でもあったので、この点は魅力的に感じました。そこで話した親しみやすい先生方、最先端の研究内容にもとても惹かれました。ま

た、研究室訪問で実際に学生の雰囲気や充実した研究環境を知ることにより、ぜひここへ来たいと思うようになりました。

入学後は、以前より興味のあった高分子合成に関する研究を行っています。私自身まだまだ未熟でつまづくことも多いのですが、困ったときには先輩や先生方がいつも親身になってアドバイスをくれ、充実した研究生生活を送っています。また本専攻に入学して出会った友人達はとても意識が高く向上心があるため、お互いに良い影響を与えながらともに成長していくことが出来ると感じています。

進学を迷っている方は、ぜひ説明会に参加し、まず一度興味のある研究室を訪れてみてください。きっと本専攻の魅力が伝わります。

私は本学の無機材料工学科から学部を持たない物質電子化学専攻に進学しました。自分と異なる専門分野をバックグラウンドとする学生とディスカッションすることで、柔軟な思考をもった研究者になりたいと考えたからです。また他大学で4年間過ごした学生と日常生活を共にすることで、本学の学生気質に染まりきらずに、自らの人間性に幅を持たせたいという思いもありました。

本学は他にも学部を持たない専攻がありますが、その中で本専攻を選択した理由に、まず研究設備の充実があげられます。また、行われている研究が最先端で刺激的であること、狭い研究領域に閉じこもること無く、将来的な応用展開とその先に社会貢献があるという長期的な視点、広い視野をもって研究を行えることに魅力を感じました。本専攻ならば、

修士課程2年間を費やしても後悔することは決してないと思います。

まもなく修士生活1年目を終えますが、挑戦的な研究テーマと整った研究設備、学生指導に熱意を注いで下さる先生、刺激し合う仲間に恵まれ、とても充実しています。私の所属する松下研は英語でゼミを行っており、準備等が大変ですが、英語とプレゼン方法についても指導して頂けます。実は両方とも苦手でしたが、プレゼンの能力を磨くことができていたようで、研究会での受賞という成果につながりました。次は国際会議での受賞を狙っています。

熱意さえあればその分だけ成長できる、やりがいのある環境が本専攻には整っていると思います。

**久保田雄太**

平成26年4月修士課程入学



関根 泰斗

平成27年3月修士課程修了
平成27年4月博士課程進学

これを読んでいるのは恐らく、本専攻への進学を希望している、まだ迷っている、もしくは何となく要覧を手にとって開いたらこのページだった、という方だと思います。このメッセージが、そんな方々の進路を考える上で少しでも参考になれば幸いです。

私は学部は生物系でしたが、思い切って修士は別の分野に進み、違う世界を見たいと思っていました。そして、偶然にも本専攻の研究室の存在を知り、先生に直接会い、話し合う中で“修士課程はこの研究室だ”という決意が生まれました。

研究室所属後は表面・界面科学分野の研究に携わる事になりましたが、知識不足は無論、物事の考え方も今までとは大きく異なっていたため、当初は苦労やとまどいの連続でした。ですが、先生の親身かつ熱意あるご指導や先輩方からのご助言のお陰でなんとか研究を進める事ができました。つらいと思う時もありましたが、その分困難を突破した時の喜びは何事にも代え難いものでした。今も知識・技術面での自身の未熟さゆえに問題に直面する

時もあります。しかし、問題を乗り越えていく過程こそが研究生活での楽しみであり、研究者・技術者として成長するチャンスなのではないでしょうか。修士課程で研究に没頭し、試行錯誤を繰り返すうちに上記の様な研究生活の楽しさに気がつき、私は博士課程進学への決意がより一層固まりました。

ところで、博士課程に進むとなると金銭面の問題がありますが、東工大はリーディング大学院プログラム等の奨学金制度が大変充実しており、進学後もお金の心配をせず研究に集中する事ができます。博士課程進学を希望されている方はこの制度を是非活用して下さい。

大学院から研究室を変えるのは勇気のいることであり、分からない事が多くて不安だと思います。少しでも本専攻の研究室に興味がある方は、まずは研究室を訪ね、先生や先輩方とお話しされてはいかがでしょうか。話し合ううちに、“不安”は“決意”へと変わっていると思います。

修士課程の二年間は、人生の方向性を決定づける期間であると言っても過言ではありません。私はどっぷり研究に浸った二年間を過ごし、現在では、はっきりと化学を自分の仕事にしたいと思えるようになりました。この大事な時期を物質電子化学専攻で過ごせたこと、また数多くの、優秀で志の高い方々に出会えたことに心より感謝申し上げます。

すずかけ台キャンパスには、他大学からも分野の枠を越えて多くの学生が進学してきます。加えて、世界的に著名な先生方が多く在籍しており、まさに「世界と渡りあう」研究が繰り広げられています。私が常に意識して取り組んでいることは、先生方や仲間たちとたくさんディスカッションすることです。話すことから生まれるインスピレーションは自分自身の糧となり、研究の質をさらに高めてくれます。そして、そのインスピレーションは新たな創造につながります。電子掲示板を読んでニヤニヤしているそこのあなた、しっか

り人間と話をしていますか？この貴重な時間を有意義に過ごしてください。自ら考えて、行動して、結果を出す、これらは今のうちから必死に取り組まなければならないことではありません。本学には、自分を鍛えるための素晴らしい環境が整っています。現在、進学先を考えている学部生の方は、物質電子化学専攻を是非訪ねてみてはいかがでしょうか。

修士課程の二年間はとても短いです。また講義や就職活動などで、常に研究活動に専念できない場合もあると思います。少ない期間を充実したものにするためのアドバイスとしては、

1. 元氣よく過ごすこと。
2. 自分に厳しく、全力で取り組むこと。
3. 生活を律して、研究を律すること。

この3つは私のモットーでもあります。後輩の皆様も、充実した、悔いのない二年間を是非過ごしてください。



田中 直樹

平成27年3月修士課程修了
平成27年4月博士課程進学

**中島 剛助**

平成26年3月修士課程修了

私は本学の大岡山キャンパスで学部課程を卒業し、電気化学に関する知識を深めたいと考え、本専攻に所属することに致しました。本専攻には他大学を卒業した学生や世界中からの留学生が多数在籍しており、様々なバックグラウンドを持つ学生と交流することができます。そのため本専攻の講義は幅広い分野を網羅しており、自分の専門分野以外の知見を広げることができます。その上、各分野で著名な先生方が在籍しているため、最先端の研究やより深い知識や情報を得ることができます。

本専攻のあるすずかけ台キャンパスは研究施設だけでなく、リフレッシュできる環境も整っています。キャンパス内にはトレーニングセンター、フットサルコートやテニスコートがあり、本学生なら自由に使えます。私自身、週に2、3回トレーニングセンターに行き、気分転換を図っています。また本専攻で

は研究室対抗の球技大会があり、みんな楽しんでます。

進路に関する心配事もあまりありません。これは修了生の活躍分野を見て頂けると一目瞭然だと思います。本専攻では就職支援の制度も充実しており、就活で悩み事等があれば担当の先生に相談ができ、様々な企業からも求人があります。また就学に関しても、奨学金などの援助も充実しているため、より研究を深めたいという方にも安心です。

このように本専攻には、研究生生活を充実したものにできる環境が整っています。少しでも興味のある方や、まだ進路について悩んでいる方は足を運んでみてください。学生や先生方と直接会話することで、やりたいことがきっと見つかると思います。私は充実した二年間を送ることができました。是非皆さんも本専攻で研究生生活を過ごし、修士課程を充実したものにしてください。

大学院生にとって第一の目的は学業成就に他なりません。専攻の基礎知識を築き、更に研究を深める能力を身につけ、研究テーマの結論に達することはとても重要です。本専攻の魅力的な特徴は、著名な先生方の講義から研究に必要な基礎を学ぶことが出来ることです。そして指導教員の先生は常に研究の進捗状況や方向性についてディスカッションの機会を設け、アドバイスをしてくれるので、意欲を欠くことなく研究に取り込むことが出来ます。

学生時代に「大学院生活を送る過程とは社会に出る前段階として、研究のことはもちろん組織としての生活を学べる場である」と大勢の方々に言われたことがあります。研究室での生活を始めてみて感じたことは、研究を行う上で良い結果を得るために最も大事なことは研究室のメンバーと円滑なコミュニケーションをいかに取るかということです。本専攻のもう一つの魅力的な特徴は、学部を持たない大学院であるため、日本国内からだけではなく、海外の優秀な大学からも学生が集まることです。そのため、様々なバックグラウ

ンドを持った学生と話し合い触れ合えることで、自分とは違う視点を持つメンバーと意見交換をしながら研究を一つの形に仕上げていく能力を身につけることが出来ます。

社会に出ると、学生時代に学んだ研究分野の知識を活かすことも大事ですが、他の研究員達と円滑にコミュニケーションを取れるかということも大事です。本専攻で学んだことは言うまでもなく、社会に出て実際に研究を随行していく上で大事な経験になります。これは本専攻ならではの貴重な宝だと思います。

大学院は、学位を得るために研究を進めるだけではなく、社会人になるための架け橋となる大切な時期です。卒業した後に振り返ってみると本専攻でしか経験できなかった一つ一つのことが今でも大きな力になっており、どれだけ大事であったか悟るようになります。理系の人として様々な意味を持つ大学院生活は、どこでどのようにセーリングポイントを決めてドライブして行くかによって決まります。

今大学院への進学で悩んでいる皆さん、自信持ってお勧めします。描いている将来を本専攻で掴んでください。

**Kim Sangryun**

(キムサンユン)

平成26年3月修士課程修了

物質電子化学専攻学習課程

物質電子化学専攻の学習課程として、下記のような授業科目が用意されている。履修方法は履修案内に述べられているが、この専攻は新しい学問体系を目指す横割的 (Interdisciplinary) な性格を持つものであるから、指導教員に相談の上、下記の授業科目のほかにこの専攻と関連の深い化学及び化学工学に関連する専攻の授業科目は

もとより、材料物理学、物質科学創造、物理情報科学、化学環境学などの他専攻の授業科目からも併せて履修することが望ましい。なお、下記科目中の一部は隔年講義となっており、E は西暦年の偶数年度、O は同じく奇数年度に開講される。

授業科目	単位数	学期	担当教員	備考
電気化学	2-0-0	前	大坂・北村	
有機電気化学	2-0-0	前	稲木	
触媒化学特論	2-0-0	前	野村・原(亨)・馬場・稲田・竹内・本倉・鎌田	
高分子科学特論	2-0-0	前	福島・富田・彌田・小坂田・竹内・高田・芹澤・大塚・小西・稲木・石曾根・斉藤	
レーザー分光化学	2-0-0	前	藤井・酒井	
触媒反応化学	2-0-0	前	野村・横井	
有機金属化学	2-0-0	前	中村(浩)・布施	
超分子・錯体化学	2-0-0	前	福島・小泉	
有機機能分子と高分子の設計	2-0-0	前	富田	
機器分析特論	2-0-0	前	稲木・小田原・久堀・林(宣)・原(亨)・大谷・北村・吉沢・酒井・本倉	
生物化学	2-0-0	後	田中・今村	
有機合成化学特論	2-0-0	後	松川・井上	
物性物理化学特論	2-0-0	後	川路・松下	
無機材料科学	2-0-0	前	菅野・平山	
熱・統計力学特論	2-0-0	後	原(正)・林(智)	
半導体電子物性	2-0-0	後	山本・尾笹	
電気化学応用特論	2-0-0	後	佐藤・中村(二)	
化学環境安全教育	2-0-0	前	岡本・小坂田ほか	※3
○ 物質電子化学講究第一	0-2-0	前	各教員	修士課程(1)※4
○ 物質電子化学講究第二	0-2-0	後	各教員	修士課程(1)※4
○ 物質電子化学講究第三	0-2-0	前	各教員	修士課程(2)※4
○ 物質電子化学講究第四	0-2-0	後	各教員	修士課程(2)※4
○ 物質電子化学講究第五	0-2-0	前	各教員	博士後期課程(1)
○ 物質電子化学講究第六	0-2-0	後	各教員	博士後期課程(1)
○ 物質電子化学講究第七	0-2-0	前	各教員	博士後期課程(2)
○ 物質電子化学講究第八	0-2-0	後	各教員	博士後期課程(2)
○ 物質電子化学講究第九	0-2-0	前	各教員	博士後期課程(3)
○ 物質電子化学講究第十	0-2-0	後	各教員	博士後期課程(3)
○ 物質電子化学特別実験第一	0-0-1	前	各教員	修士課程(1)
○ 物質電子化学特別実験第二	0-0-1	後	各教員	修士課程(1)
○ 物質電子化学特別実験第三	0-0-1	前	各教員	修士課程(2)
○ 物質電子化学特別実験第四	0-0-1	後	各教員	修士課程(2)

授業科目	単位数	学期	担当教員	備考
* Inorganic Materials Science	2-0-0	後	菅野・平山	E
* Laser Spectroscopy for Chemistry	2-0-0	後	藤井・酒井	O
* Organic Synthesis	2-0-0	後	松川・井上	E
* Nanotechnology and Nanoscience	2-0-0	前	原(正)・林(智)	E
* Organic Molecular and Macromolecular Chemistry	2-0-0	後	冨田	O
* Coordination Chemistry	2-0-0	後	福島・小泉	O
* Fundamental Electrochemistry	2-0-0	後	大坂・北村	O
* Fundamental Science of Thermodynamics and Magnetics	2-0-0	後	川路・松下	E
* Advanced Catalytic Chemistry	2-0-0	後	野村	O
* Fundamental Biological Chemistry	2-0-0	後	田中・今村	O
* Organic Electrode Process	2-0-0	後	稲木	E
* Topics in Process Chemistry	2-0-0	後	中村(浩)・布施	O
* Semiconductor Physics and Devices	2-0-0	後	山本・尾笹	E
* Applied Electrochemistry	2-0-0	後	佐藤・中村(二)	O
物質電子化学特別講義第一	1-0-0	前	八木	平成27年度開講、非常勤講師
物質電子化学特別講義第二	1-0-0	前	成川	同
物質電子化学特別講義第三	1-0-0	前	里川	同
物質電子化学特別講義第四	1-0-0	前	未定	
物質電子化学特別講義第五	1-0-0	前	未定	
物質電子化学特別講義第六	1-0-0	前	未定	
物質電子化学特別講義第七	1-0-0	前	未定	
物質電子化学特別講義第八	1-0-0	前	未定	
物質電子化学特別講義第九	1-0-0	前	未定	
物質電子化学専攻インターンシップ第一 A	0-0-1	前	専攻長	
物質電子化学専攻インターンシップ第一 B	0-0-1	後	専攻長	
物質電子化学専攻インターンシップ第二 A	0-0-2	前	専攻長	
物質電子化学専攻インターンシップ第二 B	0-0-2	後	専攻長	

※1：○印を付してある授業科目は、必ず履修しなければならない授業科目で、備考欄の(1)、(2)、(3)は履修年次を示す。

※2：*印を付してある授業科目は、英語で開講する授業科目である。

※3：本授業科目は他の専攻において開設されている授業科目であるが、本専攻の授業科目としても取り扱うものである。従って、本専攻の学生が該当授業科目を履修した場合は、自専攻の単位として算入する。

※4：本授業科目は、平成18年度以降入学の修士課程学生が対象である。

平成26年度修士課程修了生研究題目

論文題目	指導教員
チタナサイクル中間体を経由する機能性チオフェンオリゴマーの設計とその電解重合による π 共役高分子薄膜の構築	富田育義
チタナサイクル中間体を経由するトリフェニルアミン部位とヘテロール骨格をもつ π 電子系化合物の合成と応用	富田育義
三成分カップリング重合による不斉高次構造をもつ π 共役高分子の合成と応用	富田育義
含フッ素 π 共役高分子の合成と反応性高分子としての利用	稲海信介
交流バイポーラ電解法を用いた局所的電解反応による機能性材料の開発	稲海信介
ピリジニウム-チオフェン骨格に基づいた π 共役系分子の合成と物性	稲海信介
トリフェニルアミンをドナー部位に有したドナー・アクセプター型分子の合成と物性	山下敬郎
ジアザポロール誘導体の合成と光学特性	山下敬郎
アリアル置換フタルイミド誘導体のトリボルミネッセンス	山下敬郎
ピリジニウム基を有するジフェニルピラニリデン色素の合成と色素増感太陽電池への応用	山下敬郎
非平面構造を有する新規n型有機半導体の合成と太陽電池への応用	山下敬郎
π 拡張したベンゾチアジアゾール誘導体及びその類縁体の合成と物性	山下敬郎
全固体電池の高エネルギー密度化に向けた高リチウムイオン導電体の開発	菅野了次
全固体リチウム電池用硫黄正極材の複合化手法と電気化学的特性	菅野了次
リチウム銅含有ポリアニオン系電極の合成と構造、電気化学特性	菅野了次
$\text{Li}_{0.33}\text{La}_{0.56}\text{TiO}_3$ のイオン導電機構と電気化学安定性	平山雅章
$\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ 電極の界面構造制御と電気化学特性	平山雅章
層状岩塩型Li-Ni-O系材料の還元相合成と構造、物性、電気化学特性	平山雅章
電気化学的オストワルド熟成に関する研究	大坂武男
電解法による含窒素官能基修飾炭素電極の構築およびその応用に関する研究	大坂武男
電解法によるリチウム挿入電極の構築およびその応用に関する研究	大坂武男
白金電極上での酸素還元反応に及ぼすベンゼン誘導体類の影響解析	北村房男
一段階電解析出法による白金-セリア複合触媒の合成とその特性評価	北村房男
原始地球環境再現実験システムの開発と鉱物存在下での化学進化実験	原 正彦
金ナノギャップアンテナ構造を用いたナノスケール光捕捉技術の開発	原 正彦
原子間力顕微鏡を用いた表面間力測定による抗付着特性のメカニズムの解析	林 智広
金表面上におけるチオール誘導体およびイソシアニド誘導体分子の吸着状態の解析	林 智広
自己組織化単分子膜表面上に形成した細胞外マトリックスの解析	林 智広
新たな2次元足場を提供する1,3-三つ又型トリプチセンの開発と大面積分子ローター薄膜への展開	福島孝典
三脚型トリプチセンを基盤とした三本直鎖ポリマーの合成と物性評価	福島孝典
超ルイス酸性ホウ素化合物の合成、構造および反応性	福島孝典
凝集誘起発光色素を導入したポリアクリル酸およびそのゲルによる選択的 Ca^{+2} イオンセンシング	福島孝典
有機ホウ素化合物を用いた拡張 π 電子系骨格構築反応の開発	福島孝典
3,5-ビス(2-ピリジル)ピラゾレートを架橋配位子とする新規異種二核錯体の合成と触媒活性	小泉武昭
RECOMBINEERING法を利用した大腸菌 <i>ficAT</i> 遺伝子の機能解析	田中 寛
紅藻シゾンにおける集光色素複合体フィコビリソーム合成・分解制御機構の解明	田中 寛
単細胞紅藻 <i>Cyanidioschyzon merolae</i> におけるGLND (ACT domain repeat) タンパク質の機能解析	今村壮輔

論文題目	指導教員
<i>Pseudococcomyxa ellipsoidea</i> のトリアシルグリセロール蓄積におけるTORキナーゼの役割の解明	今村壮輔
レーザーイオン化質量分析法による迅速呼気分析手法の開発及び呼気中バイオマーカーの測定	藤井正明
レーザー脱離超音速ジェット分光法によるアドレナリン受容体部分ペプチドの赤外分光 —ペプチド末端修飾によるコンフォメーション制御—	酒井 誠
1-ナフトール・アンモニアクラスターの超音速ジェット赤外分光 —プロトン移動反応のクラスターサイズ依存性—	酒井 誠
赤外分光法を用いたゼオライト触媒の高温における酸性質評価	野村淳子
ゼオライトを酸触媒としたエチレンからの低級オレフィン合成	野村淳子
多孔質カーボンを鋳型に用いたゼオライト触媒の粒子形態制御	野村淳子
Thermodynamics Study on the Glass Transition Behaviors and Heat Capacity of Amino-Alcohol and Diol Aqueous Solution Systems	川路 均
有機金属錯体 HKUST-1 および IRMOF-1 に吸蔵させた有機分子と水の相転移	川路 均
層状化合物 AgCrS ₂ の電気伝導特性への直流電場印加効果	川路 均
溶液プロセスによるインプラント用 TiNbTaZr 合金の生体活性化処理	松下伸広
水熱法によるペロブスカイト型およびマグネトプランバイト型酸化物ナノ粒子の低温合成	松下伸広
水素生成を目指した光応答性 FeOOH の研究	松下伸広
スピンスプレー法による機能性セラミックス薄膜の作製と電子材料応用	松下伸広

平成26年度博士課程修了生研究題目

論文題目	指導教員
アセチレン骨格への付加反応に基づく機能性高分子の構築に関する研究	富田育義
新規な 1,3-ジチオール-2-イリデン誘導体の合成と色素増感太陽電池への応用	山下敬郎
Development of lithium ion conductor, Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ , and its application to all-solid-state batteries (リチウムイオン導電体 Li ₁₀ GeP ₂ S ₁₂ の開発と全固体電池への応用)	菅野了次
Synthesis of a solid solution for the lithium ion conductor, Li _{10+δ} Ge _{1+δ} P _{2-δ} S ₁₂ : its conduction mechanism and application to all-solid-state batteries	菅野了次
Synthesis of novel Li-Co-Mn-O epitaxial thin-film electrode using layer-by-layer deposition process : its structure and electrochemical properties	菅野了次
芳香族 Grignard 試薬を用いた含フッ素化合物合成法の開発	井上宗宣
Gas phase spectroscopic study of bio and bio-relevant molecules: Role of inter- and intramolecular interactions on conformations	藤井正明
Studies on Preparation, Functionalization and Catalytic application of mesoporous metallosilicates (メソポーラスメタロシリケートの合成・機能化・応用に関する研究)	野村淳子
Thermodynamic Studies of Spin-Lattice Effects in Magnetically Frustrated Chromium Spinel and Titanium Pyrochlores (磁気的フラストレーションを有するクロムスピネル化合物およびパイロクロアチタン酸化物におけるスピン-格子結合に関する熱力学的研究)	川路 均
Solution-Processed Zinc Oxide Films Having High Transparency and Conductivity (水溶液プロセスで作製した高い透明性および導電性を持つ酸化亜鉛膜)	松下伸広
Solution-Processed Zinc Oxide Micro/Nanostructures and Their Application as Photoresponsive Material (溶液プロセスによる酸化亜鉛マイクロ/ナノ構造体の作製とその光機能材料への応用)	松下伸広

修了生の活躍分野 (平成21年度～平成26年度修了生)

分野	最近の就職先		
大学	東京工業大学	防衛大	早稲田大学
官公庁など	いわき市役所 船橋市役所	神奈川県高校教員 山梨県庁	日本学術振興会特別研究員
企業など	IHI プラントエンジニアリング 旭化成 アルバック 宇部興産 エナックス NECエナジーデバイス 大分ガス 大塚商会 キヤノン クラレ コスモ石油 相模中央化学研究所 三洋電機 JNC ジャパンエアガシス SHIFT 新日鉄住金化学 スズキ 住友重機械工業 セイコーエプソン 西部ガス ソニーエナジー・デバイス ソフトバンク 大王製紙 大日本印刷 DNP ファインケミカル 東亜合成 東芝 東燃化学 東陽テクニカ 東洋製罐 凸版印刷 豊田中央研究所 長瀬産業 日揮 日本ガイシ 日本ゼオン 日本コントロールシステム 日本特殊陶業 パナソニック 日立化成工業 日立ハイテクノロジーズ 富士ゼロックス ベルメレック電極 本田技研工業 三井化学 三菱ガス化学 三菱重工業 メイテック ユシロ化学工業 横浜ゴム リコー リクルートマネージメントソリューションズ	アキレス 旭硝子 いすゞ自動車 インテクア NECトーキン カネカ オータ 鹿島 京セラ クロリンエンジニアズ コニカミノルタ 小林製薬 三洋化成工業 JSR 昭和電工 昭和シェル石油 シャープ 住江織物 住友ベークライト 積水化学工業 セントラル硝子 ソニーケミカル&インフォーメーションデバイス ダイキン ダイセル 立山化学 DIC 東海メディカルプロダクツ 東ソー 東燃ゼネラル 東洋インキ 東レ トップパン・フォームズ トヨタ自動車 日亜化学工業 日産自動車 日本ケムコン 日本精工 日本ゼオン ニューフレアテクノロジー 半導体エネルギー研究所 日立製作所 日立プラントテクノロジー 双葉電子工業 北陸電力 本州化学工業 三菱自動車工場 三菱樹脂 三菱レーヨン 山下ゴム ユーグレナ 吉本興行 リンテック	アクセンチュア アドマテックス 出光興産 ABB日本ベレー エヌ・イー・ケムキャット NOK オリヒロエンジニアリング キャタラー 協和発酵ケミカル ケミトックス コニシ サンディスク ジーエス・ユアサコーポレーション 資生堂 昭栄化学工業 信越化学工業 新日本製鐵 住友ゴム 駿台予備学校 生体分子計測研究所 ソニー 第一工業製薬 大日精化工業 WDB株式会社 電気化学工業 東京コンテナ工業 TOTO 東洋合成工業 東洋インキSCホールディングス 戸田工業 豊田合成 トライボテックス ニチハ 日本下水道事業団 日本証券テクノロジー 日本生命 日本電信電話 長谷川香料 日立エンジニアリング&サービス 日立テクニカルコミュニケーションズ 藤倉ゴム工業 プリヂストン 保土谷化学工業 松村石油・モレスコ 三井造船 三菱電機 村田製作所 ヤマハ ユミコアジャパン IIXIL ライオン



東京工業大学施設運営部提供

B地区 B-Area

- ① 生命理工学部
- ② ③ ④ バイオ研究基盤支援総合センター

S地区 S-Area

- ① 総合研究館
- ② フロンティア創造共同研究センター
- ③ 図書館
- ④ 超高压電子顕微鏡室
- ⑤ R・I 実験室
- ⑥ 排水処理施設
- ⑦ 設備センター
- ⑧ 食堂

R地区 R-Area

- ① 資源化学研究所 (R1)
- ② 資源循環研究施設
- ③ 精密工学研究所像情報工学研究施設 (R2)
- ④ 応用セラミックス研究所 (R3)
- ⑤ 機能セラミックス研究所

G地区 G-Area

- ① 大学院総合理工学研究科 (物質電子化学専攻等 専攻棟) G1
- ② 大学院総合理工学研究科 (物理系3専攻棟) G2
- ③ 大学院総合理工学研究科 (材料物理科学等第5専攻棟) G3
- ④ 大学院総合理工学研究科 (大学院管理共通棟)
- ⑤ M.H.D 発電実験棟
- ⑥ 大学院総合理工学研究科

H地区 H-Area

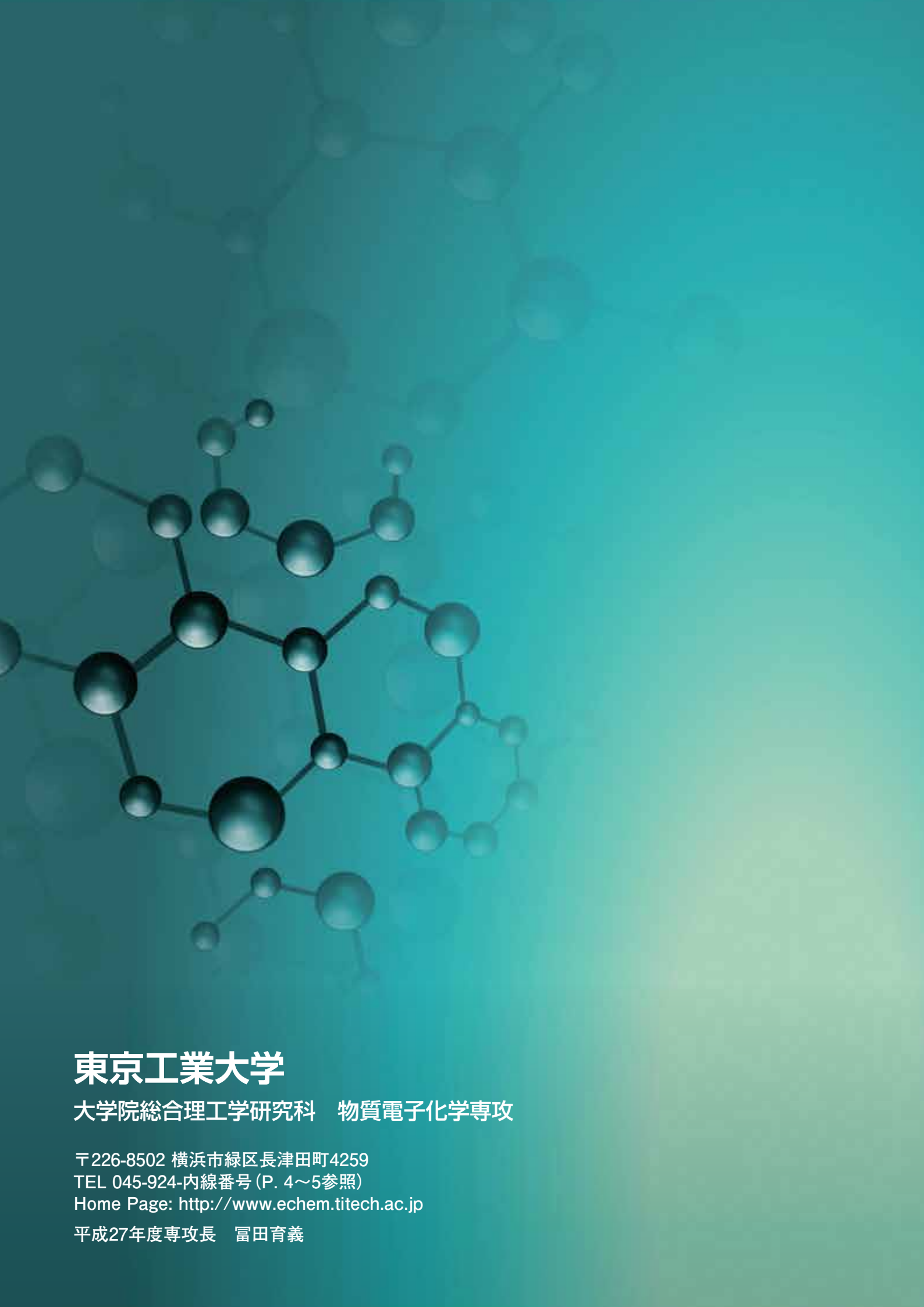
- ① ② すずかけホール (大学会館)

J地区 J-Area

- ① ② 総合理工等合同棟 (J1・J2)

すずかけ台キャンパスマップ





東京工業大学

大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻

〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259

TEL 045-924-内線番号 (P. 4~5参照)

Home Page: <http://www.echem.titech.ac.jp>

平成27年度専攻長 富田育義