

一般財団法人  
有機合成化学研究所  
令和6年度  
研究紹介

令和6年11月

一般財団法人 有機合成化学研究所  
令和6年度 研究紹介

1. 天然物有機化学研究室.....	2
京都大学大学院工学研究科材料化学専攻	中尾 佳亮
2. 基礎炭化水素化学研究室.....	4
京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻	大江 浩一
3. 先端医工学研究室.....	6
京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻	近藤 輝幸
4. 触媒有機化学研究室.....	8
京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻	藤原 哲晶
5. 有機機能化学研究室.....	10
京都大学高等研究院物質－細胞統合システム拠点	深澤 愛子
6. 生体機能高分子化学研究室.....	12
京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻	佐々木 善浩
7. 機能高分子合成分野.....	14
京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻	杉安 和憲
8. 重合化学分野「新しい元素の物性探索と機能材料創出」.....	16
京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻	田中 一生
9. 生物化学工学研究室.....	18
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	跡見 晴幸
10. 有機金属化学研究室.....	20
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	石田 直樹
11. 機能化学研究室.....	22
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	生越 友樹
12. 有機設計学研究室.....	24
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	杉野目 道紀
13. 生物有機化学研究室.....	26
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	浜地 格
14. 物理有機化学研究室.....	28
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	松田 建児
15. 生命体を成立させる物質システムの理解とそれに基づく創薬研究.....	30
京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻	森 泰生
16. 遷移金属錯体化学研究室.....	32
京都大学化学研究所	大木 靖弘
17. 有機分子変換化学研究室.....	34
京都大学化学研究所	中村 正治
18. 構造有機化学研究室.....	36
京都大学化学研究所	村田 靖次郎
19. 高分子制御合成研究室.....	38
京都大学化学研究所	山子 茂
産学共同学習セミナー「新物質・新材料研究会」題目一覧.....	40
令和6年度講演会プログラム.....	48
賛助会員企業広告.....	49

# 天然物有機化学研究室

研究内容：有機合成化学・有機金属化学・有機ケイ素化学  
所在地：京都市西京区京都大学桂

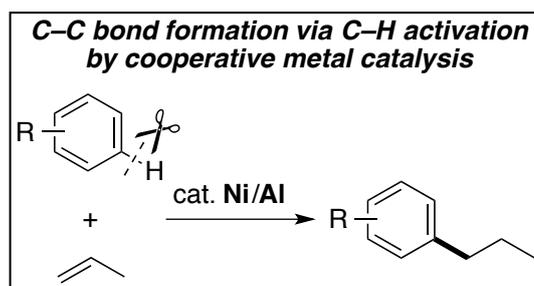
スタッフ： 教授 中尾 佳亮 桂 A3-B420 TEL/FAX: (383)2443/2445  
nakao.yoshiaki.8n@kyoto-u.ac.jp  
助教 大澤 歩 桂 A3-B419 TEL/FAX: (383)2444/2445  
osawa.ayumi.8e@kyoto-u.ac.jp  
助教 柏原 美勇斗  
kashihara.myuto.4i@kyoto-u.ac.jp  
ホームページ：http://www.npc05.kuic.kyoto-u.ac.jp

## 研究概要

人類の豊かで便利な現代生活は、有機合成によって得られる多種多様な有機化合物によって支えられています。膨大な数の有機合成反応がすでに知られていますが、それらの多くは、有機金属反応剤や有機ハロゲン化物の利用に代表されるように、分子をあらかじめ官能基化しておく必要があります。そのため、標的とする有機化合物の合成に多段階を要し、その過程で多量の副生成物を排出する問題があります。また、希少な化学物質や元素の利用も少なくありません。我々の研究室では、「有機分子にありふれた結合を直截的に新しい結合に変換する反応」、「自然に豊富に存在する資源を有効活用する反応」、および「有用な新反応を可能にする真に新しい触媒」の開発を通じて、これらの問題にアプローチしています。多彩な反応性を持つ「遷移金属錯体触媒」を軸に、有機合成に利用されているいろいろな触媒（ルイス酸触媒、有機触媒、酵素触媒、固体触媒）を複合的に利用したり、これらの協働作用によって初めて可能になるような有機分子の変換を目指し、「有用」であるだけでなく、「サイエンスとしての新しさと面白さ」も追求しています。また、独自の触媒反応や合成戦略によって、将来、医薬や生命科学研究に応用可能な生物活性天然物を効率よく合成する研究も行っています。以下に最近の研究とその成果を紹介します。

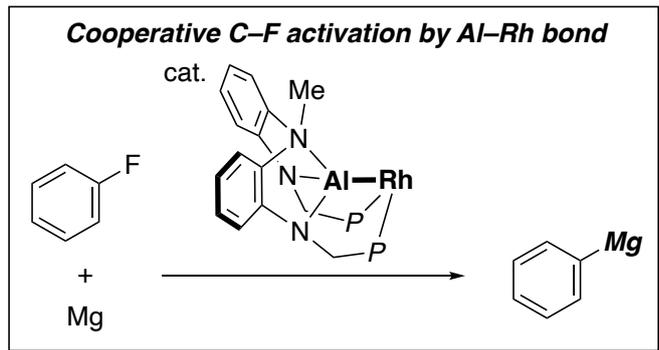
### 1. 有機分子を直截的に変換する

有機分子の大部分を覆っている C-H 結合や、天然由来資源および化学工業における上流製品に多く含まれる C-O 結合、C-N 結合を、直接 C-C 結合に変換してものづくりができれば、この余分な工程を省略できるうえに、「ごみ」もなくなります。しかしそれらの結合は、反応性が低く、簡単に変換することはできません。このような「不活性結合」を選択的に反応させる研究は、有機合成分野の将来のノーベル化学賞候補として挙げられるほどに、現在世界中で活発に研究されています。われわれの研究室では、異なる二種類の金属触媒の協働作用によって、不活性結合を活性化・変換するための独自の手法を開発しています。このような協働金属触媒によって初めて達成できる反応として、例えば、C-H 結合をアルケンに付加させて、置換ベンゼンをサイトおよび直鎖選択的にアルキル化する触媒反応を開発しました。Friedel-Crafts アルキル化反応と相補的な分子変換です。



## 2. 新しい触媒を創る

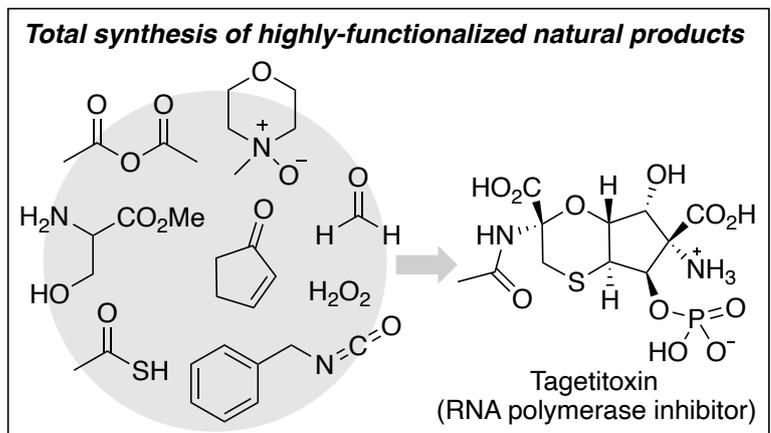
有機化合物を直接的に変換して有用物質を合成するうえで、遷移金属触媒は極めて有効です。金属と有機化合物である配位子の組み合わせは無限なので、これからも新しい遷移金属錯体による新しい反応が今後も開発されていくでしょう。しかしながら近年、様々な金属錯体と配位子が市販されて多くの研究者が同じ触媒を使うようになったために、この分野の研究がお互いよく似たものになってしまい、本質的に



新しい反応が開発されにくくなっています。独自性の高い触媒反応を開発するためには、真に新しい独自の触媒が必要です。われわれは、これまで述べてきたように、まず既知の金属錯体を複数うまく組み合わせて用いることによって、それらの触媒単独では難しい分子変換を実現してきました。さらに、全く新しい配位子を有する遷移金属錯体を設計・合成し、本質的に新しい素過程（触媒反応を構成する単位反応）を含む新触媒反応の開発にもチャレンジしています。例えば、アルミニウムのルイス酸性による顕著な反応加速効果と同時に、これらの元素を電子供与性配位子として活用できるアルミニウム含有ピンサー型配位子を創出して、同一錯体中に異なる金属を二つ有する新しい複核金属錯体の合成に成功しました。例えば Rh-Al 錯体は、Al のルイス酸性と電子豊富な Rh が協働して、最も反応性の低い結合の一つである C-F 結合を穏和な条件で活性化し、有機フッ素化合物から Grignard 反応剤を得る新反応の触媒になることを明らかにしています。

## 3. 有機分子を選択的につくる

自然界から得られる天然物と呼ばれる有機分子は、多様な化学構造と生物活性を示し、医農薬分野や生命科学研究で広く用いられています。一方で、天然資源や細菌培養から微量しか得られないために有効利用されていない天然物も多く、有機合成によって供給することが求められています。しかしながら、多くの不斉炭素中心や官能基を持つ天然物の合成は、最新の有機合成手法を駆使しても容易



ではありません。反応点や立体化学を制御しながら望む反応だけを選択的に進行させることは、しばしば困難を極めます。われわれの研究室では、不斉炭素中心と官能基が密集していて合成が容易ではない天然物の特に着目して、その合成研究に取り組んでいます。例えば、新しい抗菌薬として期待されている天然物タゲチトキシンの合成研究では、単純で安価な原料を、独自の合成戦略と高選択的な反応を利用して変換していくことで、不斉炭素中心が全て揃った 5 員環部分の構築に成功しています。天然物合成を通じて顕在化した現代有機合成における課題を、上述の新しい反応や触媒の研究にフィードバックすることで、研究室全体として有機合成の発展に貢献することを目指しています。

# 基礎炭化水素化学研究室

研究内容： 有機合成化学・有機活性種化学・有機金属化学・有機機能性材料化学

所在地： 京都市西京区京都大学桂

			電話	FAX
スタッフ： 教授	大江 浩一	桂 A2-506	(383)2495	(383)2499
			e-mail: ohe@scl.kyoto-u.ac.jp	
	准教授	三木 康嗣	(383)2497	(383)2499
			e-mail: kojimiki@scl.kyoto-u.ac.jp	
	助教	Huiying Mu	(383)7053	(383)2499
			e-mail: mu.huiying.3h@kyoto-u.ac.jp	

ホームページ： <http://www.ehcc.kyoto-u.ac.jp/eh31/home/index-j.html>

## 研究概要

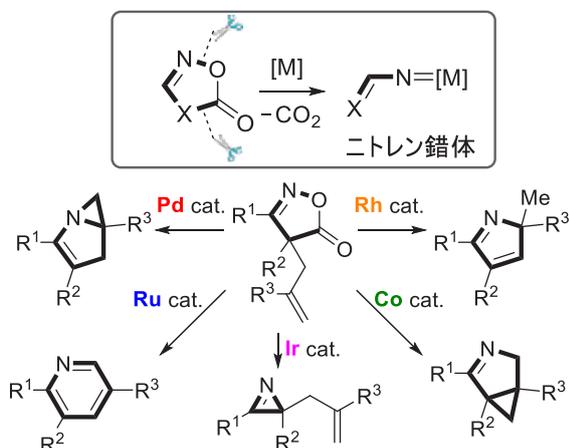
炭化水素を始めとする有機化合物は、その分子構造に由来する高誘電率、電気伝導性、蛍光、生理活性などの多彩な物性や機能を持っています。資源・エネルギー問題が重要性を増す今日では、このような有機化合物を創製するための合理的な設計と効率的な合成手法の開発がますます強く求められるようになってきています。当研究室では、有機化学の反応論と構造論の双方を重視しています。すなわち、有機金属化学的手法（遷移金属による有機活性種の準安定化と触媒作用）と理論計算によるアプローチによって、活性種の反応性を自在に制御した高選択的合成反応の開発と機能性材料の創製に同時に取り組むことにより、有機合成の新しいパラダイムを構築することを目標にかかげ、実践しています。さらに、上述の方法論を基に開発した機能性分子を用いることにより、医学系研究者と連携して腫瘍イメージング材料の創製（がんの可視化・治療）や実用化に関するテーマにも取り組んでいます。

**有機化学を通じた「ものづくり」や「新現象の発見」に意欲のある方を心から歓迎します。**

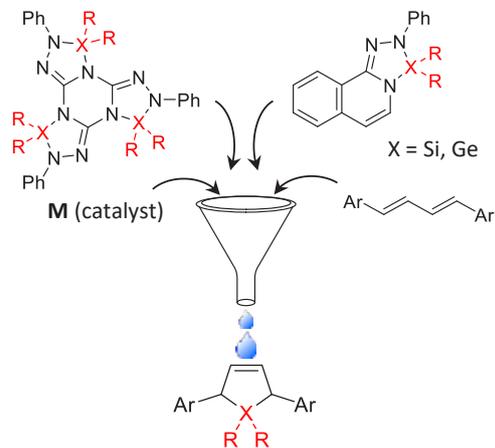
### 1. 遷移金属種による活性種の多様性制御と触媒反応・機能性錯体開発

炭化水素を始めとする有機分子の骨格変換に欠かせない「活性種」と「遷移金属触媒」を鍵として独自の錯体設計を行い、新たな触媒や機能性材料の創出を目指します。

#### ◆ 遷移金属種による活性種の反応多様性制御



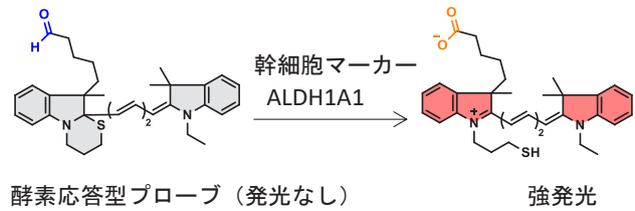
#### ◆ 環状前駆体を活用したテトリレン移動反応の開発



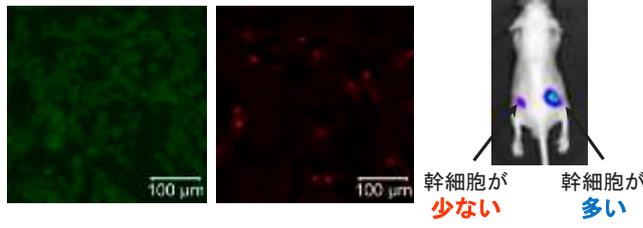
## 2. 分子プローブ・造影剤の開発

細胞中の酵素活性の変化や pH などの環境変化は、疾病の前兆となることが多く、その早期検出は重要な研究課題です。有機合成力を活かし、がんの薬剤耐性の元凶と言われる「がん幹細胞」だけを検出できる分子プローブを開発しました。その他にも脳神経細胞やがん細胞で高発現する酵素検出用の分子プローブの開発も行っています。これらの知見を活かし、がんで発生する酵素やがん周辺の低 pH 環境に応答して、がんだけで信号を発する実用的な造影剤や抗がん剤を開発しています。

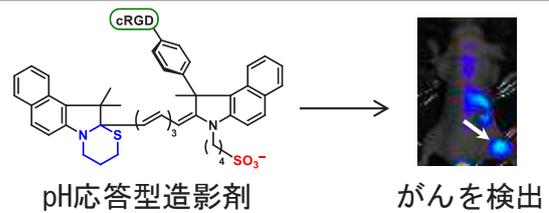
### ◆ がん幹細胞を検出できる造影剤



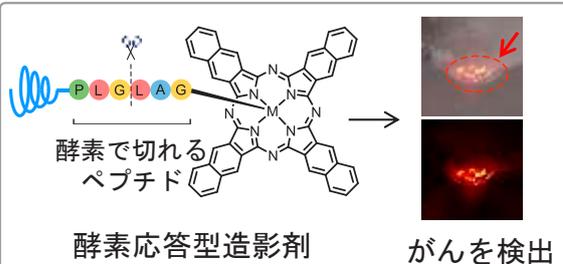
既存のプローブ (視認し辛い)    開発したプローブ (幹細胞のみを可視化)



### ◆ がんだけを診る造影剤： pH検出型



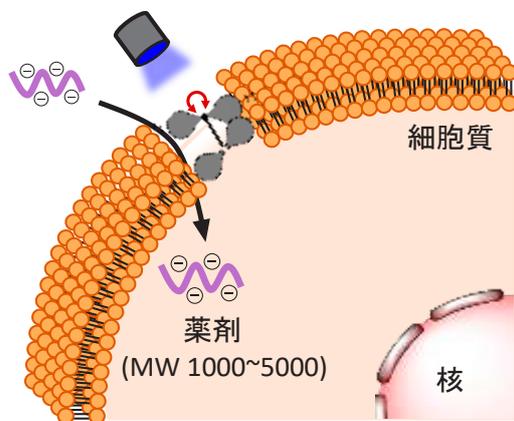
### ◆ がんだけを診る造影剤： 酵素検出型



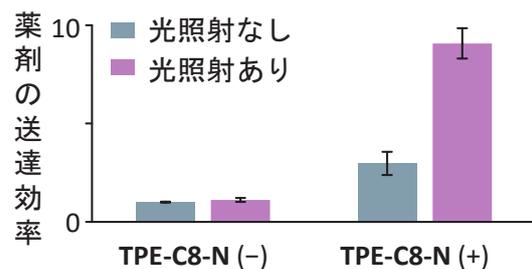
## 3. 薬剤を送達する手法の開発

薬剤は細胞内に送達されることによりその効果が示されるようになります。電荷をもつ高極性な薬剤（ペプチドや核酸医薬）は細胞膜透過性が低く、その実用化の大きな障壁となっています。当研究室では、光照射した際にこれらの薬剤の細胞膜透過を促進させる補助薬（膜モジュレータ分子）の開発に成功しました。光を当てた時に、その箇所だけ薬剤を送達できるオンデマンド性の高い手法として注目されています。

### 光照射による薬剤の細胞膜透過の概念図



・直接的な細胞膜透過    ・薬剤の化学修飾不要



# 先端医工学研究室

研究内容： 先端医工学 ・ 分子プローブ合成 ・ 生体イメージング ・ 有機金属化学

所在地： 京都市西京区京都大学桂

電話

e-mail

スタッフ： 教授 近藤 輝幸 桂 A2-516 (383)7055 teruyuki@scl.kyoto-u.ac.jp

准教授 木村 祐 桂 A2-515 (383)7411 ykimura@scl.kyoto-u.ac.jp

助教 三浦 理紗子 桂 A2-513 (383)7554 miura.risako.8x@kyoto-u.ac.jp

共同研究者：

徳島大学 准教授 山田 久嗣 桂 A2-513 yamada.hisatsugu@tokushima-u.ac.jp

HP: <http://www.abe.ehcc.kyoto-u.ac.jp>

## 研究概要

21 世紀に入り、学問の境界は薄れ、異分野融合研究が急速に発展している。当研究室では、工学ならではの視点と手法により、医学・医療の現場で起こっている問題を解決する先端医工学研究を推進している。具体的には、高次生体イメージングを実現するために、有機合成化学、有機金属化学、高分子化学、および無機化学に至る様々な“化学”を駆使して、疾患特異的な**革新的“分子プローブ”**の設計・合成、および**細胞・動物実験による機能評価**まで、一貫した研究を行っている。

### ① 高次生体イメージングに必須の分子プローブ型造影剤の設計・合成と機能評価

**“診断”と“治療”**  
とを同時に行う次世代  
の**“セラノスティクス”**  
を実現するため、酸化  
ガドリニウム( $Gd_2O_3$ )ナ  
ノ粒子(磁気共鳴/光  
音響デュアルイメージ  
ングプローブ)に抗癌剤であるドキシソルビシン(DOX)を複  
合化した新しいプローブの開発に成功した(図1)。

次に、“診断”と“治療”とを同時に行う次世代の**セラノスティクス**を実現するため、 $Gd_2O_3$  ナノ粒子に抗癌剤である DOX を複合化したセラノスティクスプローブ(図1)、およびデキストラン表面に乳がん特異的抗 HER2 抗体を導入した  $GdPO_4$  ナノ粒子に乳がん特異的抗体を複合化した新規分子プローブの合成に成功し、MRI での機能評価を行った(図2)。

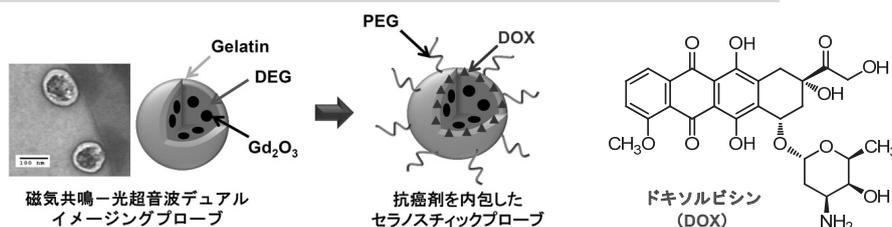


図1. 磁気共鳴-光超音波デュアルイメージングプローブとドキシソルビシンとの複合化によるセラノスティクスプローブの開発。

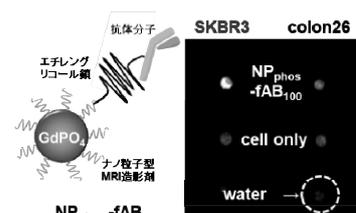


図2. 抗体結合分子プローブによる乳がん細胞(SKBR3)の磁気共鳴イメージング。

## ② EPR 効果を利用した光音響イメージング：近赤外蛍光色素導入ナノ粒子プローブの開発

【山田准教授(徳島大学)との共同研究】

100 nm 以下にサイズ制御したナノ粒子製剤や高分子製剤が、EPR 効果により、腫瘍組織に集積することが報告されている。そこで、まず生体適合性に優れた双性イオンポリマーを合成し、その末端に近赤外蛍光色素を導入した**新しいナノ粒子プローブを開発**した。本プローブにより、担癌マウスの腫瘍部位選択的な“光音響(PA)イメージング”に成功した(図3)。

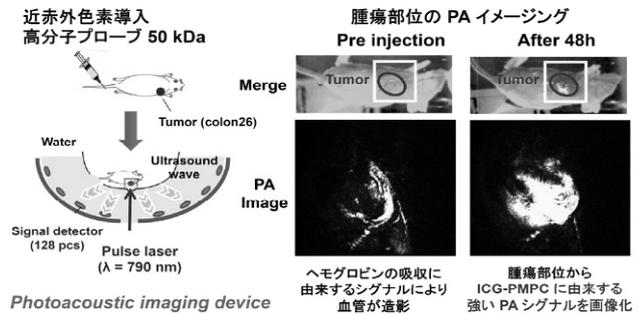


図3. 近赤外色素導入高分子プローブによる腫瘍の光音響イメージング。

## ③ 安定同位元素を集積した高分子プローブの設計・合成と分子標的 MRI 法の開発

【山田准教授(徳島大学)との共同研究】

タンパク質の構造解析に極めて有効である多重共鳴 NMR 法の MRI への応用を目指し、**安定同位元素(<sup>13</sup>C、<sup>15</sup>N)を集積した高分子プローブを開発**した。本プローブを用いた“分子標的 MRI 法”により担癌マウスの腫瘍部位に高集積したプローブを直接観測できることを明らかにした(図4)。

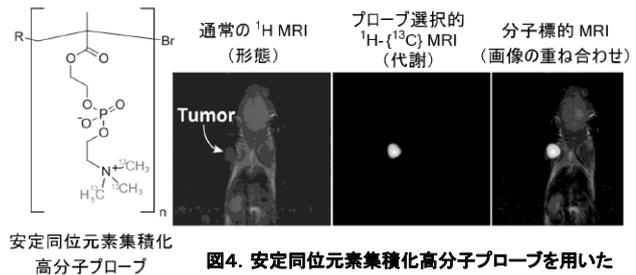


図4. 安定同位元素集積化高分子プローブを用いた担癌マウスの分子標的 MRI 画像。

## ④ 多糖を用いた免疫療法抵抗性腫瘍造影剤の開発

一部の腫瘍は免疫療法に抵抗性を示す腫瘍免疫環境を有しており、悪性度が高い。そこで、**生体親和性が高い多糖をプラットフォームとし、免疫療法抵抗性腫瘍を標的とするナノ微粒子型光音響イメージング造影剤の開発を進めている**(図5)。

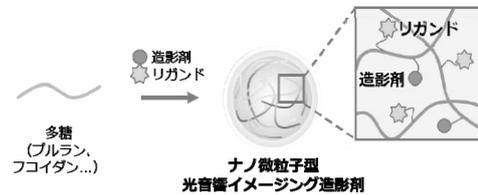


図5. 多糖を用いたナノ微粒子型造影剤の開発

## ⑤ 未破裂脳動脈瘤のリスク評価を実現するマクロファージイメージングのための新規 MRI 造影剤

くも膜下出血の主要な原因疾患である未破裂脳動脈瘤の病変部位に高集積した**マクロファージイメージングを実現する安定・安全な常磁性金属ナノ粒子造影剤の開発**を行っている。本造影剤により、未破裂脳動脈瘤症例の中から、**外科治療すべき破裂リスクの高い“active”な瘤の選別が可能になる**(図6)。さらに、治療薬の開発においても、本造影剤がその薬効評価のためのサロゲートマーカーとして有効であることを示す。

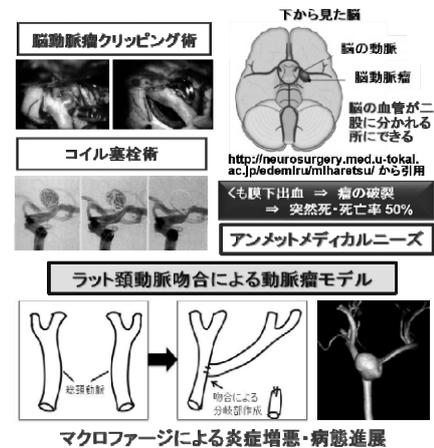


図6. 未破裂脳動脈瘤の病変部のマクロファージイメージングに有効な新規ナノ粒子造影剤の開発とリスク評価。

# 触媒有機化学研究室

研究内容：触媒有機化学・有機金属化学・錯体化学・計算化学

所在地：〒615-8510 京都市西京区京都大学桂

電話

スタッフ： 教授 藤原哲晶 桂A2-510号室 075-383-2515

E-mail: fujihara.tetsuaki.2w@kyoto-u.ac.jp

講師 仙波一彦 桂A2-509号室 075-383-2516

E-mail: semba.kazuhiko.5n@kyoto-u.ac.jp

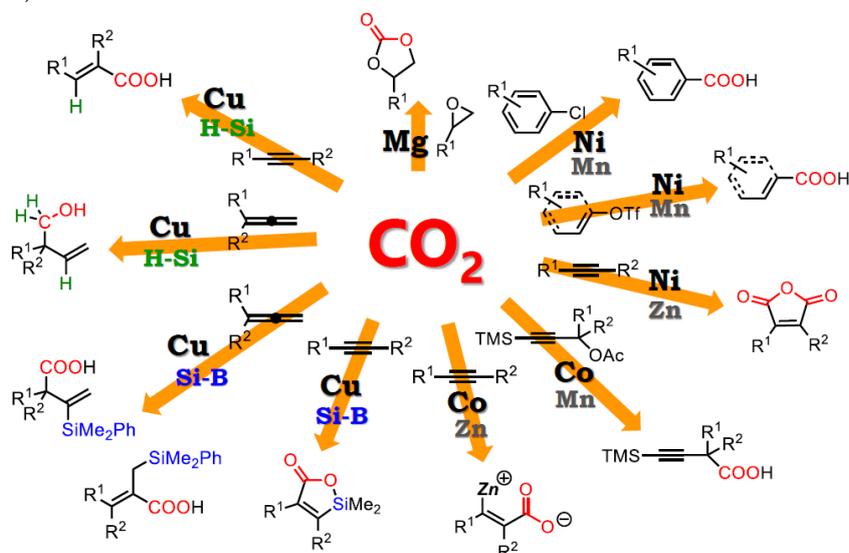
ホームページ： <http://www.ehcc.kyoto-u.ac.jp/eh42/home/>

## 画期的な分子触媒および新反応の開発

有機合成反応において高い変換効率・高い選択性を実現する新しい触媒の開発は、環境およびエネルギー問題の解決を目指す 21 世紀の科学において必要不可欠な重点課題である。我々の研究室では、独自に開発した触媒を用いた新しい分子変換反応の開発を目標に掲げ、有機化学、有機金属化学、錯体化学ならびに計算化学の手法を駆使した基礎と応用の両面からのアプローチを行っている。

### 1. 二酸化炭素を用いる有機合成反応の開発

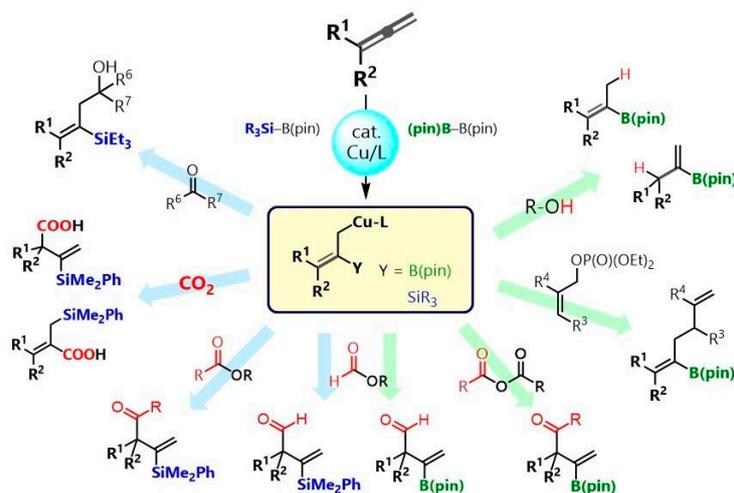
炭化水素の最終形態である二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) を炭素源とし、再度有機資源へと再生する物質変換法の開発は、CO<sub>2</sub> の排出削減や隔離技術の開発と並び、今後の人類社会の発展に大きく寄与する重要な研究課題の 1 つである。なかでも、CO<sub>2</sub> を温和な条件で効率よく有用な化学物質に変換する有機合成反応の開発は重要となる。我々はこれまでに、遷移金属錯体を触媒とし、CO<sub>2</sub> と様々な有機基質から多様なカルボン酸誘導体を効率良く得る反応を開発している (スキーム 1)。



スキーム 1. 遷移金属錯体触媒を活用する二酸化炭素を用いた有機合成反応

## 2. 不飽和炭化水素の精密官能基付加反応

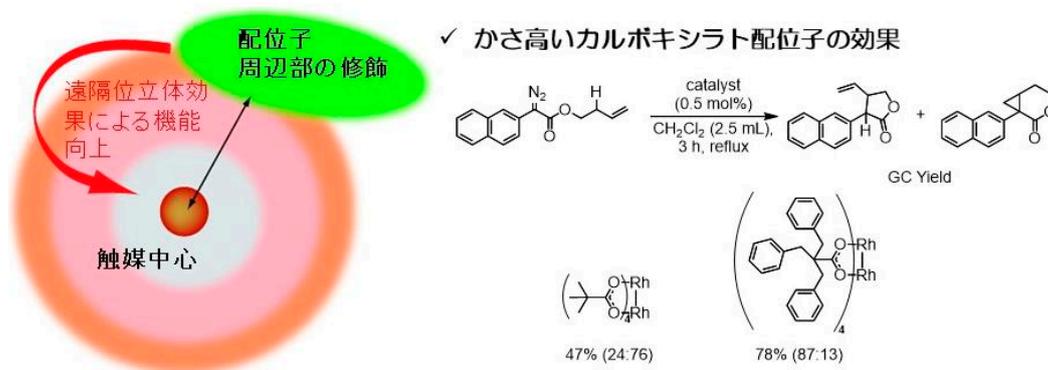
我々は、物質変換や新物質開発の基礎となるような新しい触媒反応の開拓や既存の変換反応を凌駕する高効率かつ高選択的な触媒反応の開発を目指している。最近では、銅触媒を利用したホウ素官能基やケイ素官能基の導入を伴う1,2-ジエンならびに1,3-ジエンを基質とする変換反応の開発を精力的に展開している（スキーム 2）。



スキーム 2. 銅触媒による1,2-ジエンの変換反応

## 3. 周辺部を精密に修飾した配位子の開発と触媒反応への応用

遷移金属錯体を活用する均一系触媒反応において、配位子は重要な役割を担う。これまでに、触媒反応中心である金属近傍を修飾し最適化する設計指針により数々の高活性・高選択的な反応を実現する配位子が開発されてきた。一方で我々は、触媒中心から比較的離れた配位子周辺部の修飾による触媒機能向上を目指した研究を進め、有機合成を駆使して新しい配位子を合成し、それらの機能が発現する新奇触媒反応系の探索を進めている（スキーム 3）。



スキーム 3. 周辺部を修飾した配位子を用いたパラジウム触媒反応

☆最近発表論文☆

*J. Am. Chem. Soc.*, **146**, in press (2024); *Chem. Asian J.*, **18**, e202300223 (2023); *Angew. Chem. Int. Ed.*, **61**, e202202226 (2022); *Synthesis*, **54**, 763-769 (2022); *J. Org. Chem.*, **86**, 9869-9875 (2021).

# 有機機能化学研究室

**研究内容：**有機合成化学，構造有機化学，機能性有機材料化学

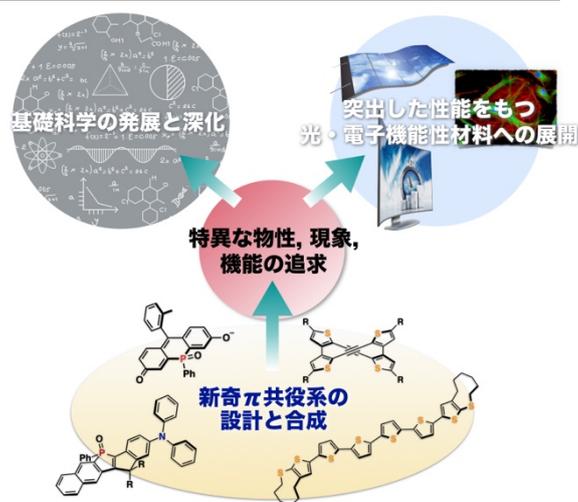
**所在地：**京都市左京区吉田本町 高等研究院物質－細胞統合システム拠点研究棟・総合研究1号館  
居室 Tel

**スタッフ：**教授 深澤 愛子 iCeMS 研究棟 102 号室 075(753)9853  
e-mail: afukazawa@icems.kyoto-u.ac.jp

**ホームページ：** <https://www.fukazawa.icems.kyoto-u.ac.jp>

## 【当研究室について】

化学の最大の醍醐味かつ使命の一つは分子レベルのものづくりであり，人類が抱える諸問題の解決に資する新物質を生み出すことに尽きます。中でも私たちは，優れた光・電子機能性をもつ有機材料の創製を目指し，そのための分子設計から合成法の開拓，物性の解明まで包括的に研究しています。有機化合物の光・電子機能性を追求する上で中心的な役割を担う  $\pi$  共役化合物に焦点を絞り，特異な構造特性や電子構造をもつ新奇な  $\pi$  共役分子を独自の発想に基づいてデザインし，合成に取り組んでいます。また，得られた新分子の性質や機能の追求を通して，光機能性材料の合理的な分子設計へとフィードバックすることで，基礎有機化学と材料科学の双方の発展と深化に貢献することを目指しています。当研究室は，WPI アカデミー拠点の一つである「物質-細胞統合システム拠点 (iCeMS = アイセムス)」の基幹研究グループの一つであると共に，工学研究科物質エネルギー化学専攻の協力講座として，京都大学吉田キャンパスにおいて研究および若手人材育成を行っています。



## 【当研究室の研究方針と特色】

**どこにもなかったような新分子をデザインする：**私たちは「こんなユニークな構造の分子ができたなら，どのような物性や機能が宿るだろうか？」という好奇心駆動型の分子設計と，「従来の有機材料では実現できないこんな機能，どうやったら実現できるだろうか？」という標的指向型の分子設計の両方の視点を持ってこそ，科学技術の進歩に資する真に優れた新物質の創製が可能になると考えています。私たちは，分子構造と物性・機能のかかわりに対する深い理解をもとに，新奇分子の創出を通して，分子設計の新概念の提案に取り組んでいます。

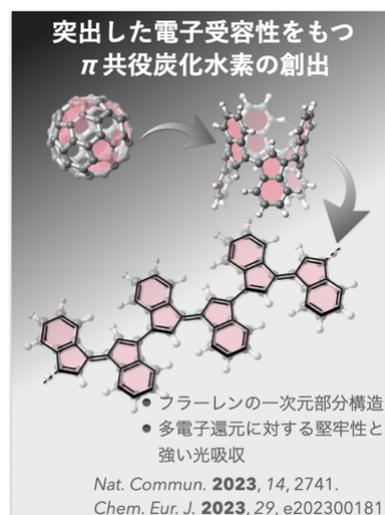
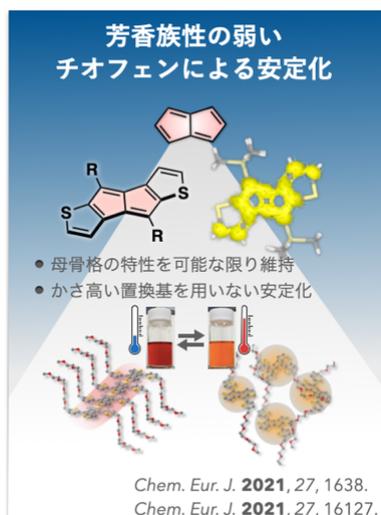
**標的指向の精密有機合成：**デザインされた画期的分子を簡単かつ大量に効率よくつくることができれば，機能の探求やさらなる展開の可能性は無限大に広がります。絶えず進歩を続ける最先端の有機合成技術を柔軟に取り入れ，時には独自の反応開発から取り組むことで，「つくれるものをつくる化学」ではなく「つくりたいものをつくる化学」に取り組んでいます。

**分子機能の深い理解と開拓：**最先端の分析手法と量子化学計算を駆使して，独自に生み出した新物質群の光物性や電子物性，固体物性などの評価，理解に努めています。また，それぞれの物質の特徴を踏まえ，学内外・国内外の物性物理学者，材料科学者，生命科学者との協働により，新物性・

新現象や機能性材料としての可能性を徹底的に追求しています。

### 【最近の主な研究テーマ】非ベンゼン系 $\pi$ 共役化合物を基盤とする機能性材料の創製

現在の機能性有機材料における主役は、ベンゼンをはじめとする芳香族炭化水素や複素芳香環です。これらは高い安定性や優れた電子物性をもつため重宝されていますが、これら既存の基本骨格の組み合わせで実現できないような物性・機能を実現するにはどうすればよいでしょうか？一つの可能性として、私たちは**非ベンゼン系  $\pi$  共役化合物**に着目しています。これらは、同程度の分子量をもつ芳香族炭化水素と比べても長波長側に光吸収を示すほか、多段階の酸化還元が可能であるなど様々な特徴をもち、光機能や電子機能の宝庫です。ところが、これらの化合物群はいずれも反応活性であり、分子間反応により容易に分解してしまいます。この反応を抑えるためにかさ高い置換基を導入すると、分子間相互作用を基盤とした電荷輸送特性などの機能が犠牲になってしまうことがわかっており、かさ高い置換基に頼らない安定化の手法が求められています。また、これらの化合物群によって真に優れた材料を実現するためには、めざす物性や機能を念頭においた上で非ベンゼン系  $\pi$  共役化合物の特徴を分子設計に落とし込んでいくことが必要不可欠です。さらには、芳香環を基盤とする結合形成反応や官能基変換法と比較して、これらの化学種の合成法や変換法は未開拓であり、新たな合成手法の開発も大きな課題として横たわっています。私たちは、これらの問題に対し、**効率的合成法の開発**、**安定性の担保**、**特徴的な物性を引き出す独自の分子設計**の3つの視点から、非ベンゼン系  $\pi$  共役化合物を基盤とする機能性材料の創製に取り組んでいます。例えば、芳香族性の弱いチオフェンを反芳香族炭化水素に縮環させることで、かさ高い置換基を用いなくても安定性と強力な反芳香族性を両立できることを実証し、この特徴を生かして可視光から近赤外領域でサーモクロミズムを示す低分子有機化合物を開発しました (*Chem. Eur. J.* **2021**, *27*, 1638; *ibid.* 16127)。また、ごく最近、フラーレンの部分構造に着想を得た独自の分子設計により、炭化水素骨格のみで多電子還元に対して極めて安定な電子受容性材料を実現することに成功しました (*Nat. Commun.* **2023**, *14*, 2741)。これらの成果は、非ベンゼン系  $\pi$  共役化合物の特性を次世代の光・電子機能性材料に結びつける上での基礎になる考え方を提供するものであると同時に、従来の有機分子性材料における常識を覆し、電子の輸送や貯蔵、光エネルギー変換材料の設計指針に波及効果をもたらし得る知見であるとして、産学問わず国内外で注目を集めています。



【令和6年度メンバー】スタッフ2名（深澤教授，渡瀬事務補佐員），博士研究員1名，博士後期課程2名，修士課程5名，学部生2名

# 生体機能高分子化学研究室

研究内容： 生体高分子化学・バイオインスパイアード化学、細胞膜工学

所在地： 京都市西京区京都大学桂

スタッフ： 教授 佐々木善浩 A3-317 TEL/FAX: +81-75-383-2823/2590  
E-mail sasaki.yoshihiro.8s@kyoto-u.ac.jp

ホームページ： <https://www.biomacromole-lab.jp/>

## 研究概要

本研究室では、「**生体分子の自己組織化によるソフトナノ材料の開発とバイオ機能発現**」についての研究を行っています。

具体的には、天然の多彩な高分子システムの再構築、生命現象の解明、バイオマテリアル開発による医療応用、を見据えた以下の研究を行っています。

- 1) 生命の基盤としての生体膜の構造、機能を制御する
- 2) ナノ・再生医療にむけた高分子集積体をデザインする
- 3) 環境に応答するバイオナノハイブリッドを創る

タンパク質、核酸、多糖などの生体高分子は、いままでも、これからも「人」「地球」と密接な関わりをもっています。我々は、「人」と「地球」とがより積極的につながり、調和するためには「高分子レベル」でなにをどのように考えればよいのか？その問いに対する答えをみつけだし、人類の高次元で健康な繁栄、地球と人の共存を実現する高分子化学に取り組みます

### 1) 生命の基盤としての生体膜の構造、機能を制御する

材料科学において重要なナノシステムの開発においては、「いかに高集積度かつ機能性のシステムを構築できるか？」が課題であり、細胞からなる生命システムはまさしくその究極の姿といえます。この観点から、細胞および生命そのものの基板としての生体膜に着目し、その膜構造制御や膜中に固定化される機能性分子の配列・組織化により、医学、工学応用を目指した人工細胞膜ナノシステムの開発を行ってきました。

具体的には、極めて安定な人工細胞膜の構築や、天然の膜結合型の人工レセプターの開発をおこなってきました。また生体膜がその形態 (morph-) を形成 (-genesis) する「膜モルフォジェネシス」 (membrane morphogenesis) が制御できることを明らかにしてきました。例えば、細胞膜に対し、せん断流を加えるのみで脂質ナノチューブを効率的かつ簡便に作製しうることも明らかにし、この脂質ナノチュ

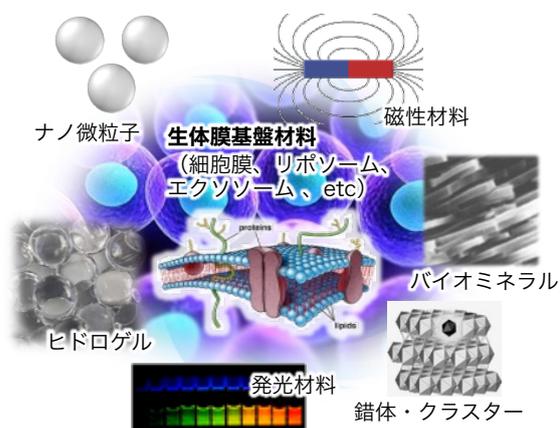


図1 バイオ応用展開のための生体膜を基盤とするハイブリッドの設計概念

ーブを流路として用いることで、人工細胞膜からなる自己集積型バイオチップを構築する研究をおこなっています。生体膜の1構成成分として、高度な生体機能を担う膜タンパク質は重要な生体分子ですが、その取り扱いが極めて困難です。この問題の一解決手法として、無細胞タンパク質発現と同時に生体膜へ再構成する手法を開発しました。このように膜タンパク質を自在に利用する技術により、遺伝子によりその機能がプログラムされた人工細胞の創出を目指しています。

## 2) ナノ・再生医療にむけた高分子集積体をデザインする

ヒドロゲルとナノ微粒子の特性を有するナノサイズのゲル（ナノゲル）を、タンパク質・核酸のナノキャリアとして用いる研究を推進するとともに、抗原タンパク質送達によるがんワクチン療法に応用する先駆け的な研究を推進しています。

さらにこのナノゲルを共有結合により結合、集積したマクロゲルを作製し、これを再生医療などに応用する研究を行なっています。具体的には、ファイバー状、フィルム状、多孔性、のマクロゲルを構築し、これらが創傷治癒材料、骨再生材料、細胞スフェロイドの基板、として有用であること臨床医師らとの積極的な共同研究により進めています。例えば、最近、筋細胞とマクロゲルとの複合化ゲルの移植による舌癌切除後の舌筋の再生が可能であることを示しています。また、糖尿病治療に向けた膵島移植のためのインスリン分泌細胞ハイブリッドの開発に関する国際共同研究もおこなっています。

## 3) 環境に応答するバイオナノハイブリッドを創る

近年、その標的指向性や膜融合性からドラッグデリバリーのキャリアとして有望視されている細胞膜ベシクル（エクソソーム）の工学利用について研究をおこなっています。例えば、人工細胞膜との複合化によるエクソソームへの薬物封入、ナノゲルとの複合化によるエクソソームの効率的なデリバリーなどを実現しました。

またこのエクソソームは、薬物キャリアなどとして有用ですが、収率が極めて低い問題点があります。この問題に対し、さまざまな合成エクソソームを開発しています。例えば、生体膜でコーティングされたナノ粒子の作製をおこなっています。具体的には、密度勾配遠心分離により作製した濃縮脂質層にナノ粒子を通過させることで、脂質膜をナノ粒子にコーティングする全く新しい手法を見出し、この名の粒子を新しい創薬モダリティとして展開しています。

さらにバイオ材料の構造、機能、動態を制御する手法として、無機物とのハイブリット化について研究しています。例えば、磁気誘導により極めて効率的にタンパク質を細胞内に送達する磁性化ナノゲルを開発しています。今後、光、マイクロ波、超音波など、多彩な

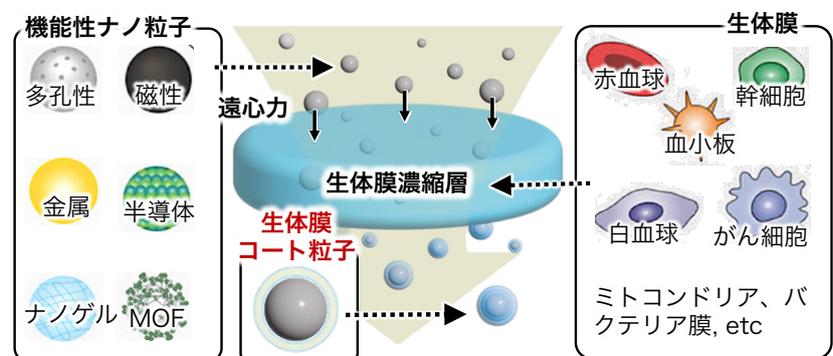


図4 ナノ粒子ディップコート法（NanoDIP法）の展開

刺激に応答する材料と生体分子のハイブリッド化により、細胞、組織、器官レベルでの生体機能制御とそのバイオ応用を目指します。

# 機能高分子合成分野

研究内容：超分子化学、高分子化学、コロイド科学

所在地：京都市西京区京都大学桂

スタッフ： 教授 杉安 和憲 桂 A3-315 2595  
e-mail: sugiyasu.kazunori.8z@kyoto-u.ac.jp  
助教 渡邊 雄一郎 桂 A3-311 2596  
e-mail: watanabe.yuichiro.7d@kyoto-u.ac.jp  
助教 深谷 菜摘 桂 A3-309 2596  
e-mail: fukaya.natsumi.6s@kyoto-u.ac.jp  
ホームページ： <https://sugiyasu.polym.kyoto-u.ac.jp/>

## 研究概要

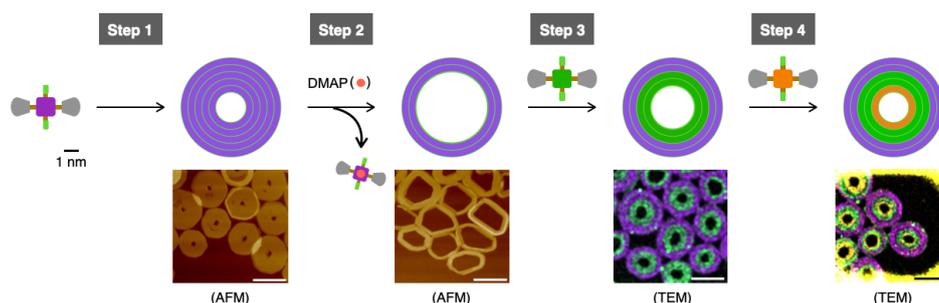
超分子化学と高分子化学は、いずれも「分子をつなげる」ことを基盤としているという点で似ています。前者では水素結合などの分子間相互作用を、後者では共有結合を用いて分子をつなげます。

高分子化学の歴史は古く、高分子からできた材料は身の回りに溢れています。超分子化学のコンセプトはさまざまな分野に波及していますが、超分子そのものが実用化された例は非常に少ないです。当研究室は、超分子化学と高分子化学の境界領域で、新しい分子や分子システム、物質や材料の創出を目指して研究を行っています。

## 最近の研究紹介：分子集合体の精密合成

有機合成化学の発展によって、新しい分子や高分子が生み出され続けています。目的とする分子を合成するには、様々な化学反応を駆使して段階的にアプローチします。原料となる分子の狙った位置に選択的に反応させ、複雑な分子構造を構築できます。しかしながら、現在の有機合成化学の技術をもってしても分子のスケール（数ナノメートル程度）を超えて精緻な高次構造を作り出すことは非常に困難です。一方、分子の自己集合プロセスを使えば、数百ナノメートルにも及ぶ、巨大な物質（分子集合体）を作り出すことができます。ただし、分子の自己集合は自発的で、いわば「分子まかせ」のプロセスなので、有機合成や高分子合成のように段階的に進めたり、複雑な高次構造をつくり出したりすることは困難です。

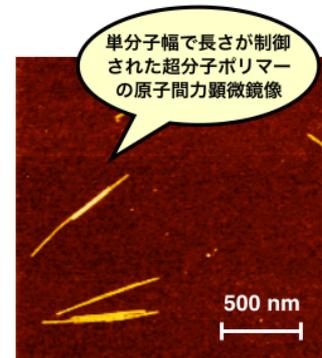
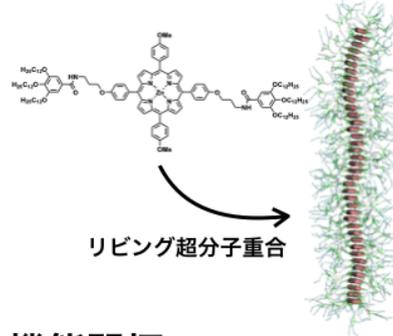
今回、分子の自己集合を多段階で制御することに成功しました。また、化学反応のように、分子集合体の成長や分解にも位置選択性があることを見出しました。このような自己集合プロセスを利用して、分子集合体内部の分子の配列や組成を変え、複雑な高次構造を創出することが可能となりました。



前ページの研究の他、以下のテーマが進行中です。

## 1. 超分子ポリマーの精密合成：リビング超分子重合

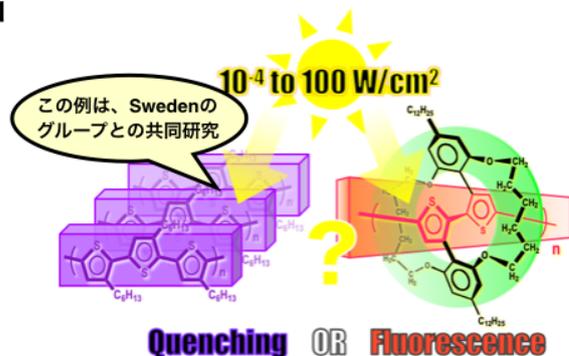
超分子ポリマーとは、モノマー分子が水素結合などの可逆的な分子間相互作用で連結された新しいタイプのポリマーです。私たちは、超分子ポリマーを精密合成するための「リビング超分子重合法」を独自に開発し、様々なナノ構造体をつくりだすことに成功しています。



## 2. 特殊構造ポリマーの合成と機能開拓

高分子化学では構造と物性に強い相関があります。 dendrimer やネットワークポリマーなどは授業でも習ったと思います。

右の図では当研究室で開発したポリチオフェンを紹介しています。導電性高分子であるポリチオフェン1本を絶縁体で被覆することによって、分子レベルの電気コードを合成しました（図の右）。単分子ワイヤとしての利用や太陽電池のメカニズム解明などにつながっています。



## 3. 分子スケールと巨視的スケールの連動

高分子のネットワークをうまく使って、分子のスケールと巨視的なスケールとを連動させたり、協調させたりすることができます。

分子レベルの機能を手で操作できるようになれば、様々な応用につながると考えられます。分子マシンの動きを巨視的な動きに変換することも可能かもしれません。高分子化学的に非常にホットなトピックです。



## 4. **Coming Soon!** 高分子化学、超分子化学、コロイド化学の融合

高分子化学と超分子化学のコンセプトは「分子をつなぐ」という観点から通底しますが、これら2つの化学は異なる分野として発展してきました。100年前の巨大分子説と会合体説（当時のコロイド化学）との論争の名残によるものかもしれませんし、あるいは、石油化学工業の発展を支えた高分子化学と、基礎研究というイメージが強い超分子化学との隔たりが影響しているのかもしれません。高分子化学、超分子化学、コロイド化学。当研究室では、これら3つの化学を発展的に融合し、新しい化学を切り拓いていきたいと思っています。

## 重合化学分野「新しい元素の物性探索と機能材料創出」

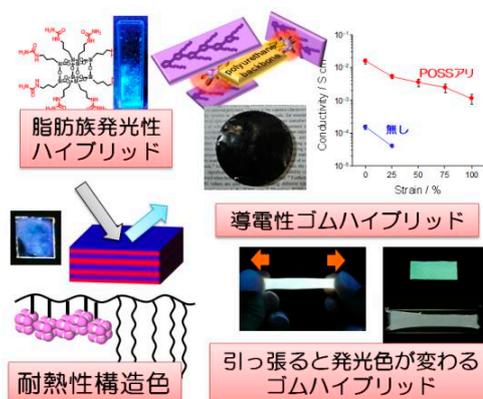
京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻  
(教授) 田中一生・(助教) 権 正行・(助教) 伊藤峻一郎

高分子材料は我々の身近なところから、車、飛行機、光学・電子素子など最先端のデバイスにまで応用が広がっています。一方、これらの高分子を構成する元素は、炭素、水素、酸素など未だ一部のものにしか過ぎません。様々な元素の特性を理解し、自由自在に使うことができれば、既存の材料の高機能化のみならず、新奇の物性とそれに基づく材料創出につながることを期待されます。そして、これまで偶然にしかできなかった材料をゼロから設計することや、既存の枠組みでは説明ができない現象の発見とその原理の解明も期待されます。このような考えの元、様々な元素から成る機能の最小単位である「元素ブロック」、有機と無機をナノレベルで融合させた「無機高分子」「有機-無機ハイブリッド」、プログラムに従って無機成分を高分子中に配置し機能を発現する「複合材料」をツールとして、元素の新しい“顔”を発見することと、それらの新機能を材料化して世の中に出すことを目指し、研究を進めています。

### 代表的な研究テーマ

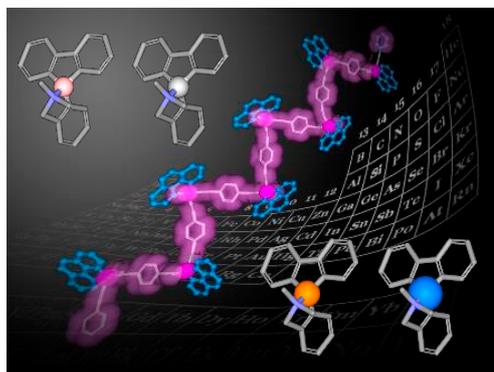
#### 耐熱性と物性のトレードオフ両立

元素ブロックを用いることで従来は無機成分の導入が困難な素材でもハイブリッド化できました。そしてその中に熱的に不安定な構造を固定化しました。その結果、耐熱性の構造色材料や白色発光材料、引っ張ると発光色や導電性が変わるゴムハイブリッドなどを創出できました。さらに、色素部位のない発光材料など新物質・新現象も発見されてきました。



#### 元素材料の探索と材料応用

メンデレーエフは元素を分類し、最初の周期表を作成しました。一方、励起状態の元素では周期表では説明できない性質を我々は見つけてきました。特に最近、オクテット則を超えた超原子価状態を高分子中に作り出すことに初めて成功し、発光や刺激応答性について予測していない物性が次々に得られました。これらの新機能から新しい元素の“周期律”を見出すために研究を進めています。



## “人工物模倣”による新奇バイオプローブの開発

最先端の素子の機能発現メカニズムを生体材料の開発に応用すれば、常識外の方法ができるのではないかと考えました。その結果、例えば、高分子の耐久性向上の原理を元に MRI 造影剤を蛍光プローブの感度に高めることや、有機 EL の効率低下のプロセスより生理環境下で入射光の短波長化が可能な材料、LSI 製造で使われているレジスト材料にヒントを得て反応率 1,200%の光駆動型薬剤放出など、変わった生体関連材料の開発に成功しました。

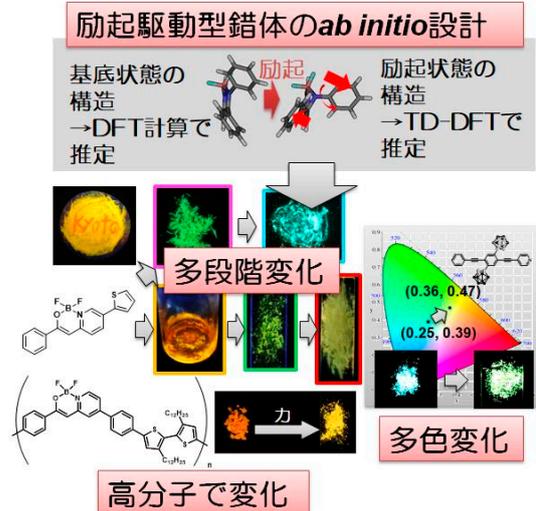
### 人工物模倣生体関連材料の例

- 蛍光色素と同じ感度のMRI機能性造影剤
- 非天然反応を触媒する光駆動型人工酵素
- ナノプラスチックを検出する蛍光センサー
- 中性子線量を計測可能なセラノスティック抗がん剤



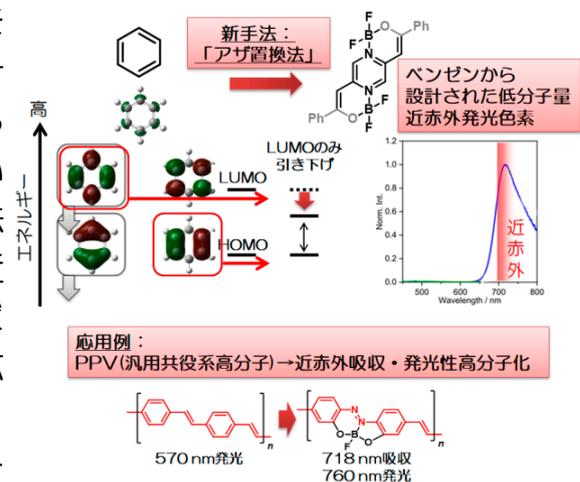
## 励起分子の“動き”を制御することによる鋭敏な刺激応答発光クロミズム材料

発光を得るためには分子を剛直にして失活を抑制することが定石ですが、逆に励起状態で変形する分子を上手く使うことで、刺激応答性発光材料をゼロから設計できることを見出しました。例えば、結晶誘起型発光を量子力学計算で初めて理論予測 (*ab initio* 設計) することや、外部刺激により発光色変化を示す材料の設計も可能となりました。多段階・多色発光クロミズム材料など、偶然にしか得られなかった珍しい材料を理論設計で得られることを示しました。



## 近赤外固体発光性色素・高分子フィルムの開発と応用

近赤外光は透過性以外にも有用な物性を持ちますが、共役系の拡張しか有効な設計法が存在せず、分子が巨大化し応用が限られています。我々は最近、アザ置換法という狭エネルギーギャップ化する新しい方法を確認しました。その結果、低分子量の近赤外発光色素、高分子、固体発光材料などを開発することに成功しました。特定・広域の波長帯を近赤外光に変換する材料や、近赤外吸収・発光性高分子など、テーラード化の実現に至りました。



# 生物化学工学研究室

[研究内容] 生化学、生物学、極限環境微生物学、超好熱菌生理学

[所在地] 京都市西京区京都大学桂

[スタッフ] メールアドレス

教授 跡見晴幸 atomi.haruyuki.8r@kyoto-u.ac.jp

准教授 佐藤喬章 takaakisato@sbchem.kyoto-u.ac.jp

助教 竹俣直道 takemata.naomichi.3a@kyoto-u.ac.jp

(key words) 極限環境微生物、超好熱菌、アーキア、ゲノム、代謝と制御、生命進化

(研究室 HP) <http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/atomi-lab/>

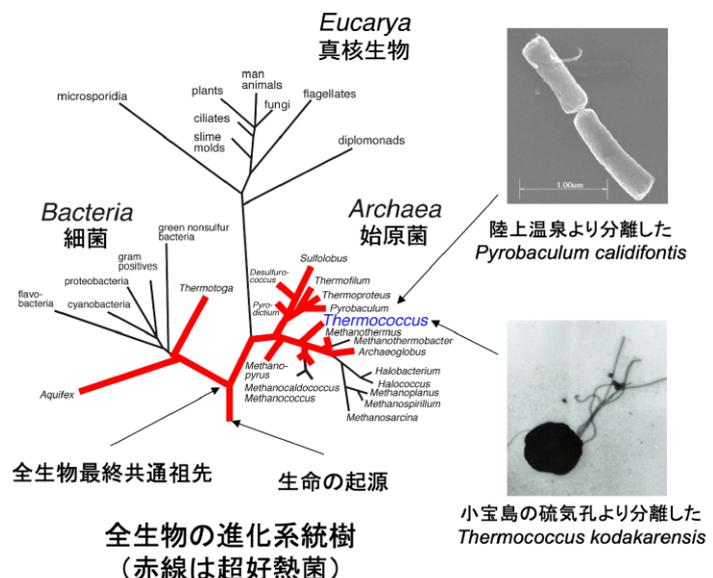
## 研究概要

### 1) 極限環境微生物の分離と特性解析

近年、火山付近の高温・熱水環境、深海の高圧環境、北極や南極域の低温環境などの極限環境にも、個々の環境に適応した**極限環境微生物** (extremophile) が多数生息していることが明らかになってきた。これらの極限環境微生物は従来の微生物に見られない生命戦略を有し、基礎・応用両面で非常に興味深い研究対象である。

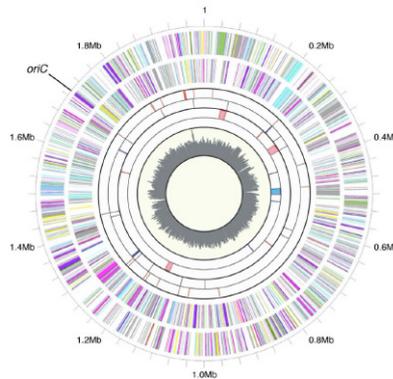
極限環境微生物の中でも、特に**超好熱菌**は生命の進化の観点から注目されている。16S ribosomal RNA 分子の塩基配列に基づいた全生物の進化系統樹の中で、超好熱菌は細菌・アーキアにおいて例外なく進化の源流に位置する。したがって現存する生物の中で超好熱菌は**原始生命体**あるいは**全生物の最終共通祖先**に最も近い生物として捉えることができる。超好熱菌内の様々な生命維持活動のメカニズムを理解し、“より進化”した生物のものと比較することにより、個々の生体分子や複数の生体分子が関与する代謝系・制御系がどのような形で誕生したのか、どのように進化してきたのかという知見も得られると期待できる。

我々は海洋性の硫気孔や陸上温泉地帯の水・泥試料より、超好熱性のアーキア *Thermococcus kodakarensis* や *Pyrobaculum calidifontis* を分離・同定している。双方ともに**全ゲノム塩基配列が決定**されており、また *T. kodakarensis* については遺伝子組換え系やトランスクリプトーム解析系も構築できている。これらの情報や技術を利用して、**超好熱菌の生命戦略の全容解明**を目指している。



## 2) ゲノム情報を基盤とした新しい生命システムの探索と解明

近年の塩基配列決定技術の迅速化に伴い、膨大な量の塩基配列情報が蓄積しており、現在も 10,000 種以上の生物に対してゲノムプロジェクトが進行中である。一般に1つのゲノム上に存在する遺伝子のうち、半数以上は一次構造からはその機能が推定できない機能未知遺伝子である。これら**機能未知遺伝子の機能解明**はポストゲノム研究の最重要課題の1つであることは言うまでもない。

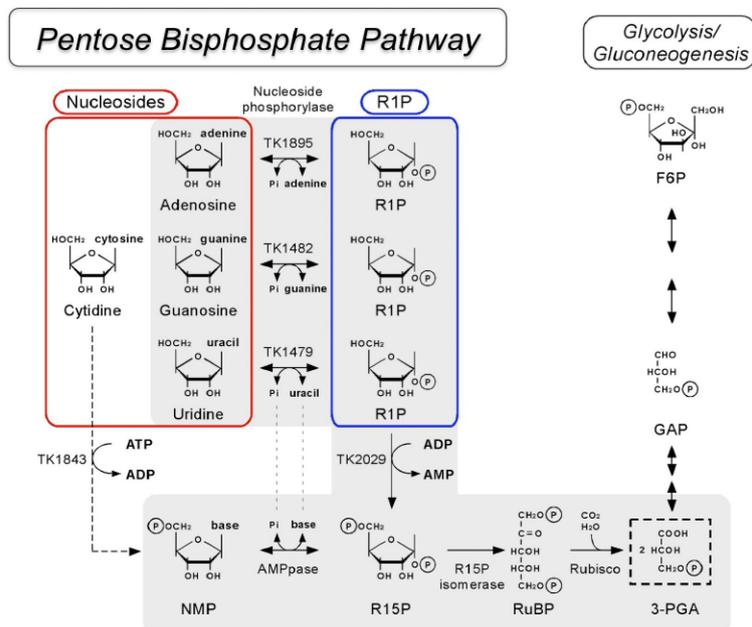


ゲノム長：2,088,737 塩基対 遺伝子数：2,306個

一次構造に基づいたゲノム上遺伝子の機能推定

我々はゲノム情報から予想される各種微生物（主に**超好熱菌**、**好酸性菌**、**好塩菌**）の生命機構とそれらの実際の生命機能を比較しながら missing gene（あるべき遺伝子がゲノム上に見当たらない）、redundant gene（重複遺伝子）、lonely gene（機能上孤立している遺伝子）などに着目し、機能未知遺伝子を含む様々な遺伝子機能の解析を進めている。

また最近では培養法が確立されていない、あるいは共生関係にあるため純粋分離が困難な微生物に対してもメタゲノム解析手法により全ゲノム配列が報告され始めている。このような**メタゲノム配列**中に見出された**新規遺伝子の機能解析**も行っている。加えて、遺伝物質としての微生物ゲノムの機能（複製・分配・転写など）が機能未知の遺伝子や DNA 配列によってどう制御されるかを研究している。特に、**超好熱性アーキア**における**未知のゲノム分配因子の探索・解析**を Hi-C や ChIP-seq といった NGS 技術により進めている。



新しい nucleoside 分解経路

我々はこれらの研究を通じて**普遍的で未知の生命システムの同定と解明**を目指している。

# 有機金属化学研究室

研究内容：有機合成化学・有機金属化学・有機光反応

所在地：京都市西京区京都大学桂

スタッフ：教授 石田 直樹 桂A4-326号室 TEL: 075-383-2752

E-mail: ishida.naoki.5m@kyoto-u.ac.jp

助教 奥村 慎太郎 桂A4-327号室 TEL: 075-383-2753

E-mail: okumura.shintaro.6e@kyoto-u.ac.jp

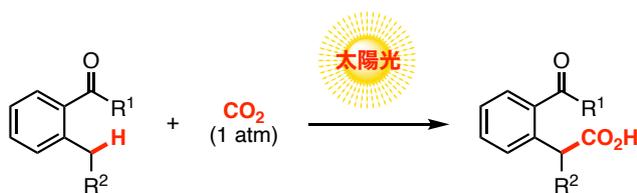
ウェブサイト：<https://sites.google.com/kyoto-u.ac.jp/sbchem-organometallic-lab>

**研究概要：**合成化学は創造的な学問であり、新しい物質を作り出してユニークな研究対象を生み出すことで、独創的な科学技術創出のきっかけになります。また、これまで価値が見出されていなかった物質を有用物質へと化学変化させることや、有用物質の合成を劇的に効率化することを可能にします。有機金属化学研究室では、有機合成化学の創造性や可能性を飛躍的に高めることと、環境調和性に優れた合成化学を創出することを目指して、常識とは一線を画する反応・合成手法の開発研究に取り組んでいます。代表的な研究テーマは以下のとおりです。

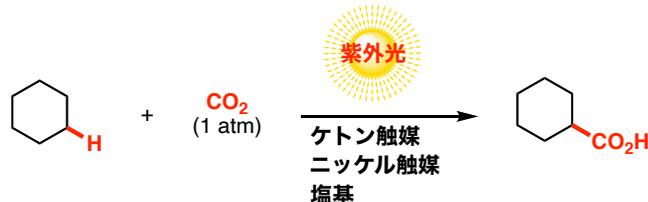
## 1. 光エネルギーを活用して二酸化炭素を有機化合物に取り込む反応の開発

二酸化炭素は炭素の最終酸化物であり、最もエネルギーに乏しい状態です。そのため反応性に乏しく、二酸化炭素を有機化合物に取り込むには高エネルギーな反応剤を用いることが常識でした。私たちは、光エネルギーを活用することで、高エネルギーな反応剤を用いることなく二酸化炭素を有機化合物に取り込む反応の開発に取り組んでいます。下に示した反応はこれまでに私たちが開発したものであり、反応しにくい炭素-水素結合を切断して二酸化炭素と反応させた先駆的な事例です。二酸化炭素の資源化に向けて今後の展開が期待されます。

○太陽光を駆動力とするケトン化合物への二酸化炭素取り込み反応



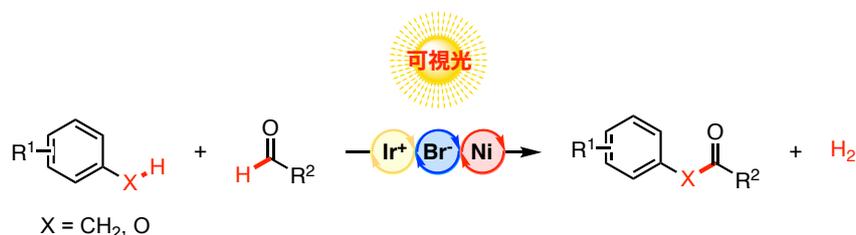
○飽和炭化水素への二酸化炭素取り込み反応



## 2. 脱水素カップリング反応の開発

炭素-水素結合を切断して、水素分子を放出しながら炭素-炭素結合を形成する反応（脱水素カップリング反応）は効率的かつ廃棄物が副生しない、理想的な分子連結手法です。しかし、実現が難しく、用いることのできる基質が限られているため、合成戦略に積極的に組み込まれることはほとんどありません。私たちはこの現状を打破するべく、光エネルギーを利用する脱水素カップリング反応の開発を進めています。これまでに、アルキルアレーンとアルデヒドの脱水素カップリング反応や、フェノールとアルデヒドの脱水素カップリング反応を実現しました。これらの反応によって、従来は合成困難であった複雑な構造を持った化合物を、一段階で、不要な副生成物を生じることなく合成できるようになりました。

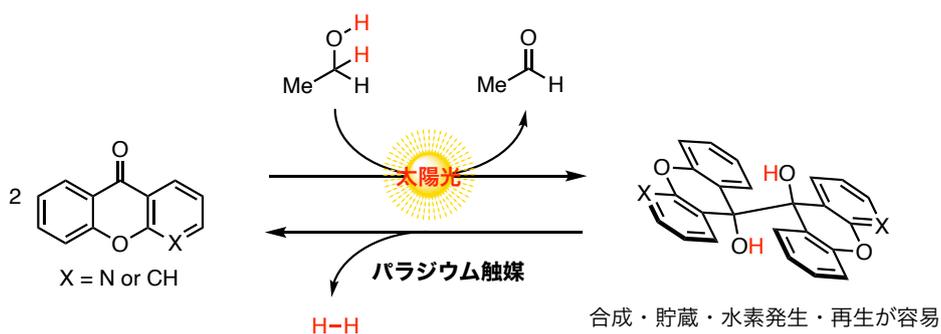
### ○アルキルアレーン（フェノール）とアルデヒドの脱水素カップリング反応



## 3. 光エネルギーを取り込んだ高エネルギー反応剤の創出

光反応は原料よりもエネルギーに富む生成物を与えることができます。この生成物は反応性に富んでいると期待されるにもかかわらず、その研究はあまり注目されてきませんでした。そこで私たちは光反応で得られた高エネルギー化合物の反応を明らかにする研究に取り組んでいます。これまでに、芳香族ケトンとアルコールの光反応によって合成される1,2-ジオールが優れた水素発生剤となることを見出しました。通常の有機化合物から水素を発生させる反応は吸エルゴンのですが、1,2-ジオールからは発エルゴンのように水素が発生します。また、水素発生後は芳香族ケトンに戻るため、太陽光で再生可能な水素キャリアとして機能します。

### ○太陽光とバイオマスエタノールで再生可能な高エネルギー水素キャリア



# 機能化学研究室

研究内容：超分子化学・空間化学・機能性高分子材料化学

ホームページ：<http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/ogoshi-lab/>

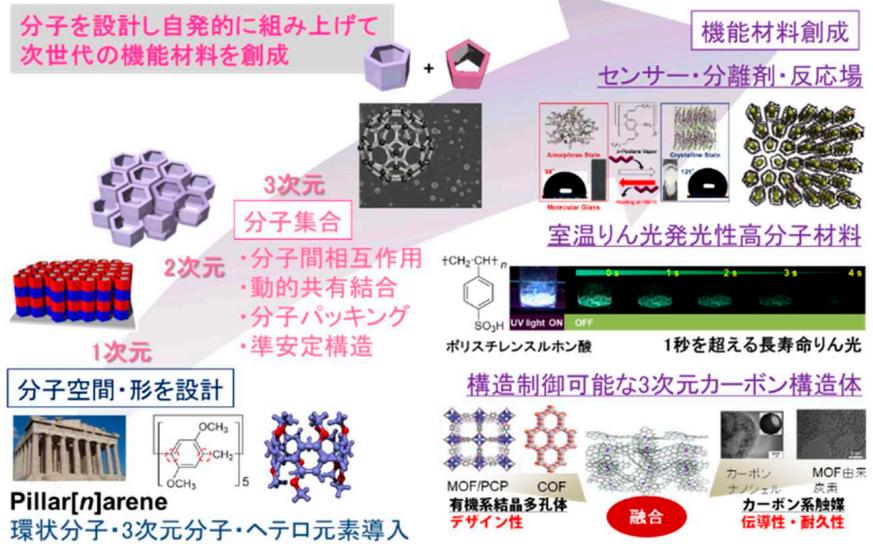
教授 生越 友樹（桂 A4-319） ogoshi@sbchem.kyoto-u.ac.jp

助教 加藤 研一（桂 A4-317） katok@sbchem.kyoto-u.ac.jp

助教 大谷 俊介（桂 A4-315） ohtani@sbchem.kyoto-u.ac.jp

## 分子を設計し自発的に集合させて次世代の機能超分子材料を開発

超分子とは、複数の分子が共有結合以外の分子間相互作用、すなわち水素結合などにより秩序だてて集合した分子のことを指します。本研究室では、シンプルで美しい構造をもつ機能分子をデザインし、自発的な集積化によって新機能を示す機能超分子材料を開発しています。真にオリジナル研究を目指して日々研究に取り組んでいます。



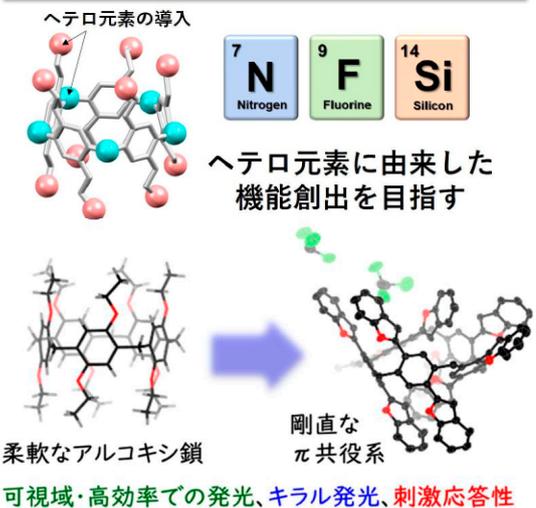
### 正多角柱環状分子ピラー[n]アレーン

正多角柱は高い対称性の美しい構造体です。我々は、正5、6角柱の新規環状分子〔柱（ピラー）状構造であり芳香環（アレーン）からできているため、“ピラー[n]アレーン”と名付ける（nは繰り返し数）〕を2008年に報告しました。世界中の化学者に利用され、発見から15年間でピラー[n]アレーンを用いた1400報を超える論文が報告されています。

**ヘテロ元素導入ピラー[n]アレーン**：我々はピラー[n]アレーンに更なる機能性の付与を目指して、ピラー[n]アレーン骨格中にヘテロ元素を導入した環状分子の創出を行っています。ヘテロ元素の導入によって、光学的な性質の変化や元素の性質に由来した分子認識能、分子集合体の構造制御など様々な物性・機能の発現が期待できます。これまでに窒素・フッ素・ケイ素を導入したピラー[n]アレーンの合成に成功しており、その機能開拓に取り組んでいます。

**発光材料を目指したπ共役系の構築**：ピラー[n]アレーンの角柱構造の縁部分は従来、ほぼ全てがアルコキシ側鎖で修飾されてきました。これに対し我々は、π共役系置換基の高効率な導入の実現とそれを用いた機能発現に取り組んでいます。通常は発光性に乏しいピラー[n]アレーンに光学特性を改善できる剛直なπ共役系を組み合わせることで、ピラー[n]アレーン分子系の発光において不斉の偏りに関す

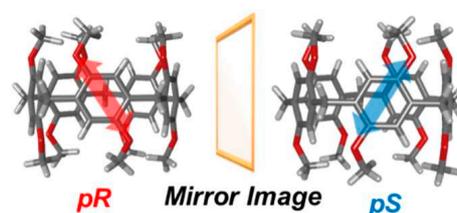
### ヘテロ元素導入ピラー[n]アレーン



る最大値を更新する、分子取り込みに応答した発光特性を発現させるなど、ピラー[n]アレーンに基づく材料群の革新を図っています。

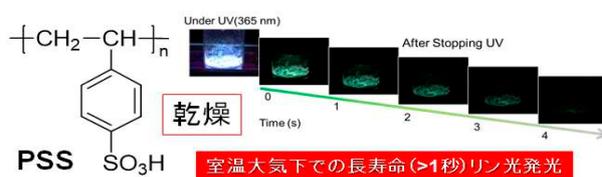
### キラルな分子空間・インターロック分子の合成: ピラー[n]アレーン

アレーンは、置換基の位置により鏡像関係 ( $pR$ 体と  $pS$ 体) となり、それらは重ね合わせることができないエナンチオマーです。このような構造に由来する不斉を面性不斉といいます。通常の点不斉は結合を切断しなければ、エナンチオマー間の交換は起こりません。一方向性不斉は、ベンゼンユニットの回転によりキラリティーの制御や反転が可能となります。我々は、回転の制御により、ピラー[n]アレーンの面性不斉が動的に反転するシステムの構築に成功しました。また空孔にゲストを取り込ませ、ゲストが抜けにくい (インターロック) ように設計し、片方に面性不斉を偏らせることに成功しました。



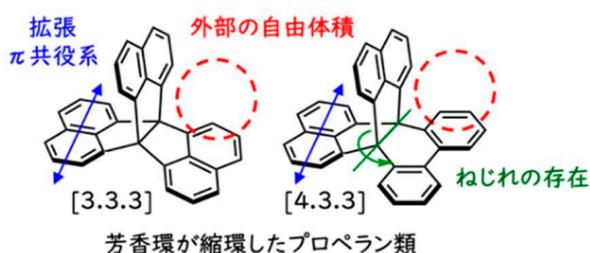
### 長寿命リン光発光高分子材料

リン光物質は暗闇でも長く光り続けることから、時計の文字盤など様々なものに利用されています。しかし、既存のリン光物質は、希少金属を含むため高価という問題があります。我々は、安価な市販高分子、ポリスチレンスルホン酸 (PSS) を乾燥すると、室温・大気下で1秒を超える長寿命リン光を示すことを偶然見出しました。高分子であることから、異種材料とのハイブリッド化やブロックポリマー化などの多様な設計が可能となり、リン光を示す全く新しい材料の創出が期待できます。



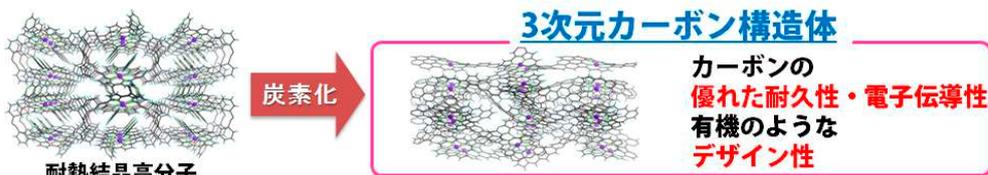
### プロペランを基にした空間空隙材料

有機分子は脂肪族の柔軟な立体分子と芳香族の剛直な平面分子がほとんどを占め、剛直ながら立体的な分子はかなり少数の立体骨格に依存している状況です。我々は、その中でも構成単位としての可能性が未開拓となっている芳香環縮環型のプロペラン類に着目し、新規分子修飾法の開発から機能材料に向けた研究を進めています。分子内部に空孔をもつピラー[n]アレーンとは逆に、分子外部に存在する自由体積に基づく多孔性や、ナフタレン/ビフェニル環に基づいた他の立体骨格にはない独自の特長を示す材料の創出を目指して研究を進めています。



### 新物質群「3次元カーボン構造体」の創成

有機系多孔体は、緻密な構造制御が可能で、吸蔵、分離など多岐に渡る分野への展開が進んでいます。ただし、有機骨格を用いる限界として耐熱・安定性の問題があり、実用化への大きな障害になっています。これに対し、活性炭に代表される多孔性カーボン材料は、緻密な分子構造設計が困難な一方で、優れた耐熱・安定性、電子伝導性といった有機系多孔体には無い利点を持ち、実用材料として利用されています。我々は耐熱性の高い有機系多孔体を焼成することで、有機系多孔体のように明確な分子設計が可能で、多孔性カーボン材料のように優れた耐熱・安定性、電子伝導性を有した3次元カーボン構造体の創成を目指し研究を進めています。



有機系多孔体は、緻密な構造制御が可能で、吸蔵、分離など多岐に渡る分野への展開が進んでいます。ただし、有機骨格を用いる限界として耐熱・安定性の問題があり、実用化への大きな障害になっています。これに対し、活性炭に代表される多孔性カーボン材料は、緻密な分子構造設計が困難な一方で、優れた耐熱・安定性、電子伝導性といった有機系多孔体には無い利点を持ち、実用材料として利用されています。我々は耐熱性の高い有機系多孔体を焼成することで、有機系多孔体のように明確な分子設計が可能で、多孔性カーボン材料のように優れた耐熱・安定性、電子伝導性を有した3次元カーボン構造体の創成を目指し研究を進めています。

# 有機設計学研究室

研究内容： 不斉合成・有機金属化学・精密高分子合成・有機合成化学

所在地： 京都市西京区京都大学桂

			電話	FAX
スタッフ： 教授	杉野目 道紀	桂 A4-306号室	(383) 2723	(383) 2722
		suginome@sbchem.kyoto-u.ac.jp		
講師	山本 武司	桂 A4-303号室	(383) 2719	(383) 2722
		yamamoto@sbchem.kyoto-u.ac.jp		
助教	良永 裕佳子	桂 A4-301号室	(383) 2721	(383) 2722
		yoshinaga@sbchem.kyoto-u.ac.jp		
ホームページ：	<a href="http://sbchem.kyoto-u.ac.jp/suginome-lab/">http://sbchem.kyoto-u.ac.jp/suginome-lab/</a>			

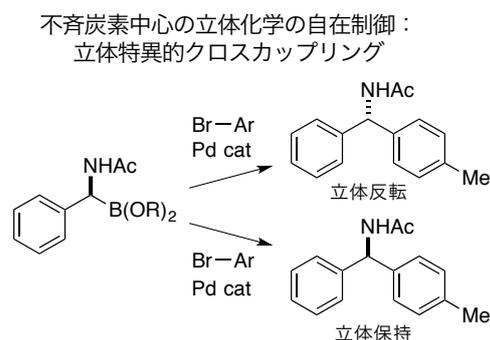
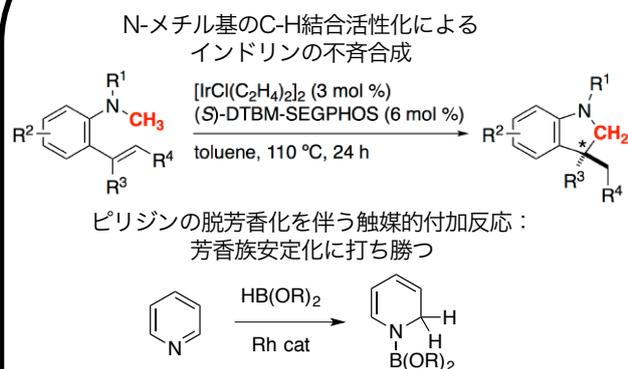
## 研究の概要

21世紀の社会の発展には、効率や環境に配慮した新しい物質系の構築が欠かせません。そのために、既存の発想にとられない新しい有機分子材料や新反応の開発が今後ますます重要になるでしょう。私たちの研究室では、物質創製や物質変換法の基本となり、指針となるような**新反応・新物質**をデザインし、それらを実現することを目指しています。**有機金属化学、有機合成化学、触媒科学、不斉合成**など多くの関連分野における最新の知見を背景に、新材料開発や新医薬品探索におけるブレークスルーとなる新発見をねらって研究を進めています。



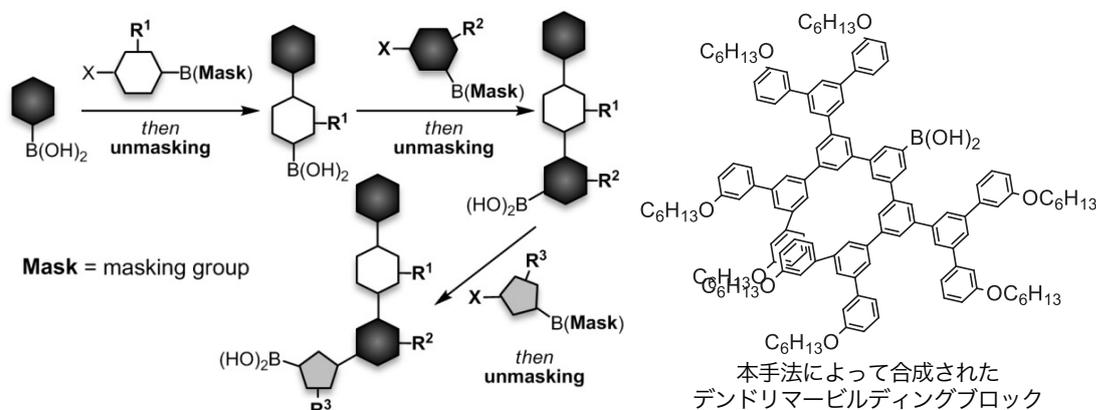
世界の有機合成化学をリードする  
新しい反応・物質群のデザインと創出

## 新反応開拓



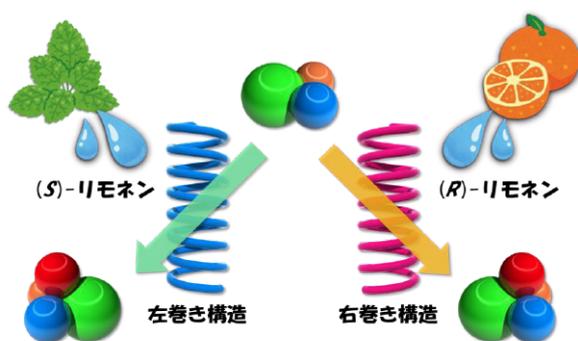
遷移金属触媒を活用し、有機分子中に存在する多くの官能基から特定の官能基を見つけて位置および立体選択的に修飾・変換を行う反応や、一方の光学異性体を高い選択性で得る反応の開発を行っています。また、安定性と反応性を兼ね備えた有機ホウ素化合物および有機ケイ素化合物の特性に注目し、従来の方法では合成困難な化合物群の高効率合成を実現する、新しいホウ素、ケイ素反応剤のデザイン・創製に取り組んでいます。

## 革新的な多段階合成を実現する 新しい炭素-炭素結合形成

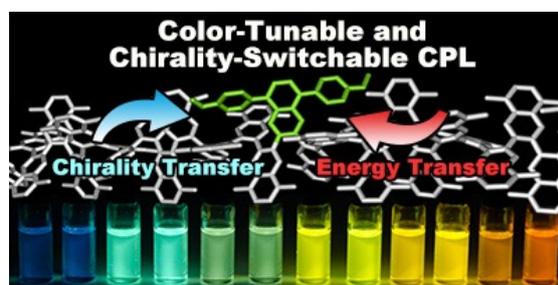


機能性材料や薬理活性化合物を標的として、反応活性のオン/オフを容易に切り替え可能な分子機能を駆使した、効率的な分子骨格構築法の開発に取り組んでいます。

## 新しい高分子の設計・合成・機能開発 有機金属ポリマー・光学活性ポリマー



天然キラル有機溶媒リモネンを唯一の不斉源として用いる高選択的不斉触媒反応を可能にするキラル高分子触媒



溶媒を変えることで円偏光キラリティのスイッチングが可能な高分子材料

精密に構造制御された巨大らせん分子の合成法開発と、そのらせんキラリティの外部刺激によるスイッチングについて研究を進めています。この不斉らせんスイッチングを利用して、両エナンチオマーを作り分け可能なキラル高分子触媒や、円偏光キラリティのスイッチングが可能な発光材料、多彩な構造色を示すポリマーフィルムの創製に成功しています。

また、天然に豊富に存在するリモネンに溶かすだけでキラル構造が形成されるらせん高分子触媒を開発し、キラル溶媒を唯一の不斉源として用いる高選択的不斉合成を世界で初めて実現しました。

# 生物有機化学研究室

研究内容：細胞内有機化学、蛋白質工学、神経化学、バイオ機能材料、超分子化学

所在地：京都市西京区京都大学桂 A4 棟 331

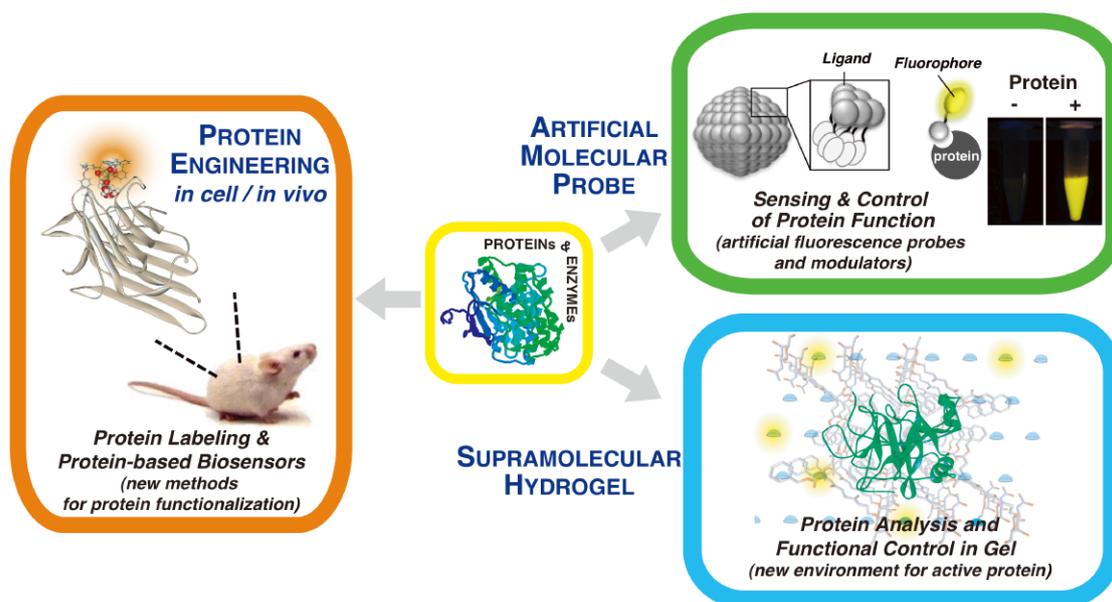
スタッフ		電話	e-mail
教授	浜地 格	(383)2754	ihamachi@sbchem.kyoto-u.ac.jp
特定准教授	野中 洋	(383)2164	nonaka@sbchem.kyoto-u.ac.jp
特定准教授	中村 秀樹	(383)2164	nakamura@sbchem.kyoto-u.ac.jp
特任准教授	坂本 清志	(383)2755	sakamoto@sbchem.kyoto-u.ac.jp
講師	田村 朋則	(383)2756	tamura@sbchem.kyoto-u.ac.jp
講師	窪田 亮	(383)2757	rkubota@sbchem.kyoto-u.ac.jp
青藍助教	朱 浩	(383)2755	zhu@sbchem.kyoto-u.ac.jp

ホームページ：<http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/hamachi-lab>

## 研究内容

1. 細胞内有機化学の創造
2. タンパク質機能を探る人工プローブ分子の創製
3. タンパク質・細胞のための機能性バイオマテリアルの創製

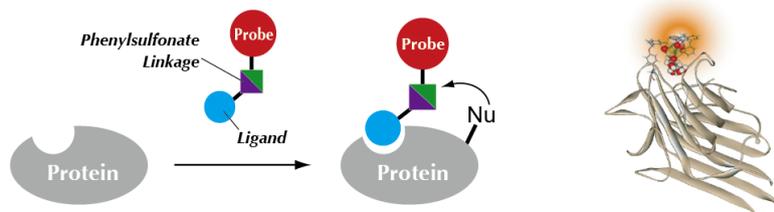
タンパク質は多彩な機能を持つ最も重要な生体分子の一つです。私たちは「細胞内有機化学の創造」を目指して、有機化学、超分子化学をはじめとする「ケミストリー」を武器にタンパク質の工学的研究を展開しています。例えば、タンパク質の可視化解析に有用な新しい化学修飾手法の開発や、タンパク質の機能を解析するためのプローブ分子開発などに挑戦し、タンパク質を中心としたケミカルバイオロジー研究を展開しています。また、タンパク質・細胞の機能解析や再生医療に有用な新しいナノバイオマテリアルの創製についても研究を行っています。私たちが開発した超分子ハイドロゲルは、生体環境に近いセミウェット状態を提供する”自己組織化”材料として注目を集めています。



# 新しい生命化学の創造を目指して

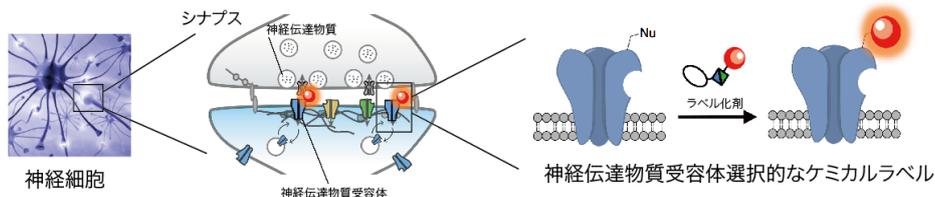
## タンパク質ラベルを基盤とした細胞有機化学

タンパク質の持つさまざまな機能を応用して、これまでにない新しい機能を発揮する人工タンパク質の創製を行っています。私たちは有機化学の手法を用いてタンパク質に直接化学修飾をほどこしてバイオセンサーへと機能化するオリジナルの手法(LDT法、LDAI法、AGD法)を開発しています。また、タンパク質を部位特異的に標識するための新しい有機化学反応の開発にも取り組んでいます。これらの手法により得られる機能化タンパク質は、バイオイメージングなどの様々な生体機能解析やタンパク質機能を阻害する薬剤分子の探索に有用です。「タンパク質のまま有機化学」が生み出す新しい機能のシンセシス(合成)がここに実現されています。



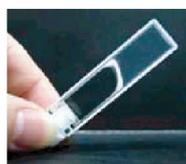
## 神経活動を制御する受容体および神経伝達の可視化

脳を中心とした中枢神経は、記憶や思考を制御している生体組織です。ここ20~30年間の分子生物学の発展により、記憶や思考に関わるタンパク質はかなり明らかにされてきました。しかし、その詳細な分子メカニズムはまだ未解明な状況です。そのため、中枢神経の機能を可視化し、その機能を制御できる方法論は、神経機能解明のツールとして、また疾患に関する診断法や治療薬に繋がると期待されます。ニューロケミカルバイオロジーグループでは、分子レベルで厳密に制御可能な化学的方法論により、神経機能を明らかにして行くことを目指しています。具体的には、1) 神経伝達を司る神経伝達物質を認識する受容体を可視化する方法論の開発、2) 遺伝子工学と化学的なアプローチを融合させることで、狙ったタンパク質を選択的に活性化する方法論の開発を進めています。

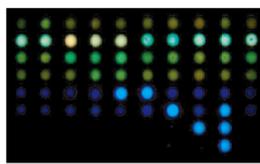


## タンパク質・細胞のための機能性バイオマテリアルの創製

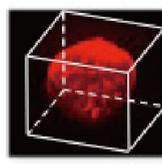
タンパク質が機能する場所は通常は水中ですが、水性ゲル中では一歩進んだタンパク質のための機能環境場です。私たちは水性ゲルがタンパク質の機能解析を行う新しい場として有効であることを見出しました。水性ゲル中でタンパク質は機能を保ったまま生き生きとした状態で保存することが可能です。また水のみでは作り出せない水性ゲルの疎水性環境や光、pH変化刺激に連動したゾル-ゲル転移変化を利用して、これまでにないタンパク質の活性評価や機能制御が可能となります。さらに、水性ゲルを利用したプロテインチップやナノ~ピコリッターサイズの微小液滴(ドロプレット)の作成も可能です。最近では、細胞を生きたまま閉じ込めることができるようになっています。今、自己組織化を利用して合成される水性ゲルは新しい機能性ナノバイオマテリアルとして注目を集めています。



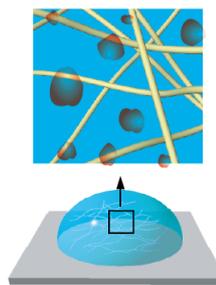
Hydrogel



protein chip



nL ~ pL size droplet



### (最近の研究業績)

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 145, 26202, 2023, (2) *Nat. Commun*, 14, 1696, 2023 (3) *Cell Metabolism*, 35, 1072, 2023, (4) *Nat. Commun.*, 12, 831, 2021, (5) *Nat. Chem. Biol.*, 12, 1361, 2020, (6) *Nat. Nanotech.*, 13, 165, 2018, (7) *Nat. Methods*, 13, 931-937, 2016, (8) *Nat. Chem.*, 8, 958-967, 2016, (9) *Nat. Chem. Biol.*, 12, 822-830, 2016 など

### (卒業生の進路)

大学教員：北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、九州大学、名古屋工業大学、徳島大学、奈良女子大学、岐阜大学、北陸先端大学、富山大学など。企業：中外製薬、シオノギ製薬、小野薬品、大塚製薬、JT(創薬研)、武田薬品、協和発酵キリン、東レ、旭化成、帝人、京セラ、クラレ、東洋紡、富士フィルム、三井化学、花王、味の素、テルモ、JSR、キャンノン、カネカ、グンゼ、サンスター、ダイキンなど。

# 物理有機化学研究室

研究分野 物理有機化学、有機機能材料化学、有機ナノテクノロジー

所在地 〒615-8510 京都市西京区京都大学桂 A4 棟 3F

スタッフ 教授 松田 建児 383-2738 kmatsuda@sbchem.kyoto-u.ac.jp  
講師 東口 顕士 383-2745 higashi@sbchem.kyoto-u.ac.jp  
助教 清水 大貴 383-2746 dshimizu@sbchem.kyoto-u.ac.jp

ホームページ <http://www.sbchem.kyoto-u.ac.jp/matsuda-lab/>

研究概要 私たちの研究室では、物理有機化学の基礎に立脚した動作原理をふまえ、有機合成の手法を駆使して分子を合成し、新規な光・磁気・電気の複合機能を有する有機機能性材料を開発する研究を行っています。有機分子は、「分子設計」という手法でその機能を設計することが出来ます。機能をもった分子は「分子エレクトロニクス」といわれるナノテクノロジーの中心分野で活躍することが期待されています。研究室では分子設計から物性測定までをカバーする幅広い研究を行っています。自分たちでデザインした分子を作り、世に出すことが目標です。

キーワード 光応答性分子、超分子配列構造、金属微粒子、有機磁性・電導性、単一分子素子

## 最近の主要論文

H. Hamamoto, D. Shimizu, K. Matsuda, "peri-Benzo-Diindenotetracenyl: Helically  $\pi$ -Extended Allyl Radical with Robust Stability", *Chem. Eur. J.* **2024**, *30*, e202401353.

D. Shimizu, H. Sotome, H. Miyasaka, K. Matsuda, "Optically Distinguishable Electronic Spin-isomers of a Stable Organic Diradical", *ACS Cent. Sci.* **2024**, *10*, 890-898.

Y. Hiroyasu, K. Higashiguchi, C. Shirakata, M. Sugimoto, K. Matsuda, "Kinetic Analysis of the Photochemical Paths in Asymmetric Diarylethene Dimer", *Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202300126.

Y. Nakakuki, T. Hirose, H. Sotome, M. Gao, D. Shimizu, R. Li, J. Hasegawa, H. Miyasaka, K. Matsuda, "Doubly Linked Chiral Phenanthrene Oligomers for Homogeneously  $\pi$ -Extended Helicenes with Large Effective Conjugation Length", *Nat. Commun.* **2022**, *13*, 1475.

R. Yasui, D. Shimizu, K. Matsuda, "Large Enhancement of the Single Molecular Conductance of a Molecular Wire through a Radical Substituent", *Chem. Eur. J.* **2022**, *28*, e202104242 (Front Cover).

Y. Kotani, H. Yasuda, K. Higashiguchi, K. Matsuda, "Re-entrant Photoinduced Morphological Transformation and Temperature - Dependent Kinetic Products of a Rectangular - Shaped Amphiphilic Diarylethene Assembly", *Chem. Eur. J.* **2021**, *27*, 11158-11166.

H. Kubo, T. Hirose, T. Nakashima, T. Kawai, J.-y. Hasegawa, K. Matsuda, "Tuning Transition Electric and Magnetic Dipole Moments: [7]Helicenes Showing Intense Circularly Polarized Luminescence", *J. Phys. Chem. Lett.* **2021**, *12*, 686-695.

### 1. フォトクロミック超分子集合体を用いたユニークな光応答材料の開発

光により色を変化させる物質をフォトクロミック化合物と呼びます。フォトクロミック反応では、色だけでなく、分子の幾何構造、電子構造が変化します。当研究室では代表的なフォトクロミック分子であるジアリールエテンを中心に、光によって形態変化、物性変化を示す超分子集合体を分子設計、合成し、新たな機能を開拓する研究を進めています。図1には、光によって可逆に形態変化するフォトクロミック超分子集合体の例を示しています。

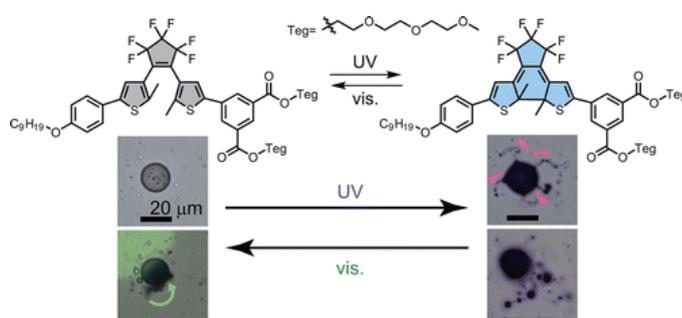


図1 光によって可逆に形態変化するフォトクロミック超分子集合体の例

### 2. STMを用いた超分子配列制御と単一分子物性

固液界面STMという手法を用いると個々の分子を識別できる分解能で配列を見ることができます。この手法を用いて、私たちが合成した機能性分子の物性を単一分子レベルで測定する研究を行っています。図2にSTM像の一例と単一分子コンダクタンス評価の模式図を示します。単一分子レベルで測定することにより物性値の統計処理が可能になり、分子のふるまいの本質に迫った解析ができるようになります。

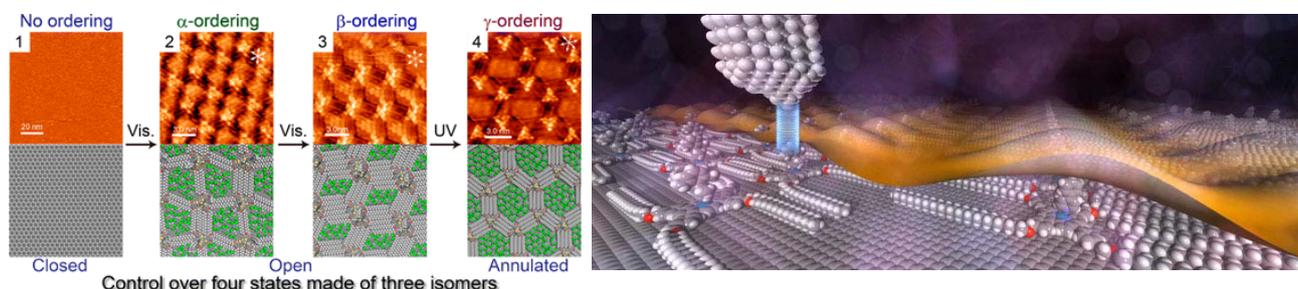


図2 STM像とSTMを用いた単一分子コンダクタンスの評価

### 3. 新規π共役有機分子の開発

π共役電子を持つ有機化合物は多彩な光・電気・磁気物性を示します。新しい分子構造による新しい機能性を開拓することを目指して、新しいπ共役有機分子の開発を行っています。図3には、特異な蛍光挙動を示す化合物の例を示します。このように、私たちの研究室では、独自に合成したオリジナルの化合物を使って、物理有機化学の基礎から分子光ナノテクノロジーまで、分子の基礎的知見を機能材料に生かす架け橋となる研究を行っています。

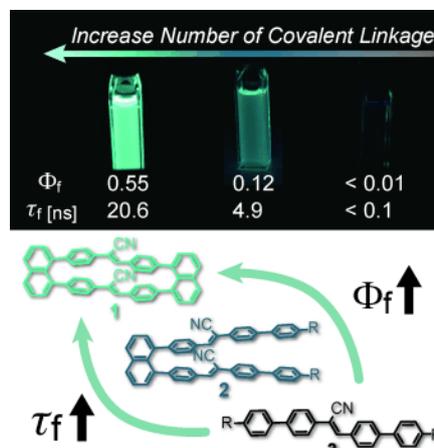


図3 特異な蛍光挙動を示す化合物の例

# 生命体を成立させる物質システムの理解とそれに基づく創薬研究

京都大学大学院工学研究科 合成・生物化学専攻 森 泰生

所在地：京都市西京区京都大学桂

スタッフ：教授 森 泰生 A4 棟 C218 E-mail: mori@sbchem.kyoto-u.ac.jp  
白眉准教授 高橋 重成 A4 棟 C219 E-mail: takahashi@sbchem.kyoto-u.ac.jp  
助教 中尾 章人 A4 棟 C219 E-mail: nakao@sbchem.kyoto-u.ac.jp

**研究分野**：生物化学・分子生理学・神経生物学・化学生物学・創薬科学

**研究概要**：生命体の探究においては、構成物質の複雑さが私たちを圧倒するが、的確な切り口さえ探りあてることができれば、環境変化に柔軟に応じながら整然と働く物質システムが見えてくる。イオンチャネルは生体膜越えのイオンの出入りを調節し、細胞に電気信号・化学信号(シグナル)を惹起する。当研究室はイオンチャネルタンパク質複合体を中心として、どのような物質システムが成立し、どのように生命現象を制御しているかを追究している。また、それらの知見を活用した創薬開発を目指している。さらに、様々な細胞シグナル分子の可視化することで、それらが担う脳神経系を中心とした高次の生体機能調節における役割の解明を目指している。以下、最近の研究成果について紹介する。

1. 酸素濃度を感知する O<sub>2</sub> センサーの同定<sup>1),2)</sup> 好気性生物において酸素(O<sub>2</sub>)は必要不可欠だが、高濃度の O<sub>2</sub> はストレスを及ぼすことから、O<sub>2</sub> 濃度の厳密な制御を可能にする O<sub>2</sub> 監視システムが不可欠となる。我々は、TRPA1 イオンチャネルが正常 O<sub>2</sub> 分圧から逸脱した O<sub>2</sub> を検知し、生体内の O<sub>2</sub> 濃度を調節していることを明らかにした。高濃度 O<sub>2</sub> 下では、高い酸化力を有する特定のシステイン残基が酸化されることで TRPA1 は活性化する。一方、低濃度 O<sub>2</sub> 下ではプロリンヒドロキシ化酵素(PHD)によるプロリン残基の水酸化が抑制されることで TRPA1 は活性化する。また、細胞膜における TRPA1 の発現は、動的に制御されていることも見出した。すなわち、TRPA1 と PHD との複合体の動的な集積化によって、O<sub>2</sub> センサーが細胞表面膜上に構築される。さらに最近、延髄の呼吸中枢のグリア細胞であるアストロサイトの特定の集団が、低酸素状態下では TRPA1 チャネルを細胞表面膜に集積させて酸素センサーとして働き、ATP を放出することで呼吸の深さを調節するという機構も明らかにした。

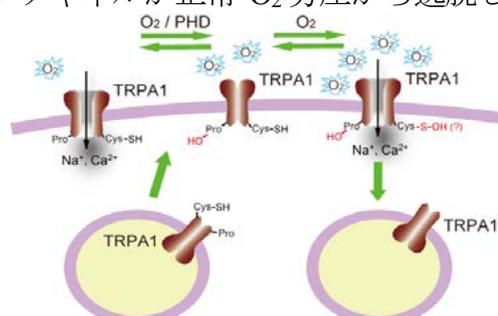


図 1. TRPA1 チャネルの酸素感知機構

2. 新規 Ca<sup>2+</sup>チャネルモジュレーターの開発<sup>3),4)</sup> カルシウムイオン(Ca<sup>2+</sup>)は様々な生理応答を誘導するセカンドメッセンジャーであり、その流入経路である Ca<sup>2+</sup>チャネルは重要な創薬ターゲットとして位置づけられる。我々は、新しいタイプの Ca<sup>2+</sup>チャネルとして着目されている TRP チャネルに対する選択的な拮抗剤(ピラゾール誘導体)を見出した。イオンチャネルの活性を直接測定できる電気生理学的手法、光アフィニティーラベルを応用した有機合成化学的手法を用いてその作用機構を詳細に評価した結果、細胞外からチャネルへ直接的に阻害する作用機構を証明した。また、昆虫種のリアノジン活性化型 Ca<sup>2+</sup>チャネルを選択的に活性化できるフルベンジアミ

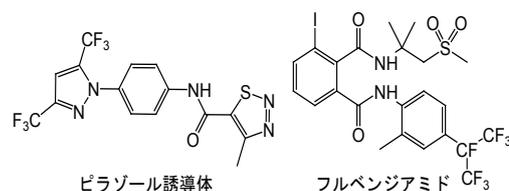


図 2. 新規 Ca<sup>2+</sup>チャネルモジュレーター  
の構造

ドの作用機序についても日本農薬との共同研究で明らかにしつつある。

3. 細胞内温度センサーの開発と生体の恒常性を担う熱産生機構の可視化<sup>5), 6)</sup> 熱産生組織から産生された熱はすぐに拡散するため、これを直接的に評価できる方法の開発は困難であった。我々は、温度感知タンパク質として知られる TlpA を緑色蛍光タンパク質(GFP)と融合することで、細胞内および細胞内小器官の非侵襲的な温度計測を可能とする温度センサータンパク質(thermosensor GFP、以下 tsGFP)の開発に成功した。この tsGFP は、37°C 付近の温度変化を鋭敏に感知し、蛍光が変化する。また、tsGFP は、遺伝子に組み込まれるために、非侵襲的に生細胞内・組織内に導入でき、シグナル配列を付与することで、各々の細胞内小器官における温度計測も可能となる。本研究においては、ミトコンドリアに発現する温度センサー(tsGFP1-mito)と小胞体に発現する温度センサー(tsGFP1-ER)を用いることにより、褐色脂肪細胞内のミトコンドリアと筋細胞の小胞体の両方が熱産生を行うことを証明した。また、tsGFP1-mito を HeLa 細胞に発現させることで、ミトコンドリアの温度が不均一であることを世界で初めて示した。細胞内小器官における温度計測は、生体機能を解き明かすうえで重要であり、本温度センサーは、今後の研究の推進に重要なツールとなると期待される。

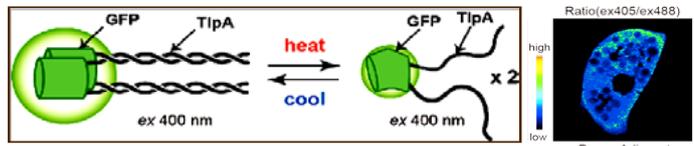


図 3. 温度センサータンパク質及び褐色脂肪細胞内における適用例

4. TRPM2 介在性  $Ca^{2+}$ 流入が単球のケモカイン産生を誘導し炎症性好中球浸潤を悪化させる<sup>7)</sup> ケモカインは活性酸素種(ROS)によって誘導され、傷害部位や感染部位への炎症性細胞の動員を引き起こす。我々は、 $Ca^{2+}$ 透過性チャネル TRPM2 が、単球で ROS 誘導性ケモカイン産生を制御することを示した。ヒト U937 単球では、過酸化水素( $H_2O_2$ )が TRPM2 を通る  $Ca^{2+}$ 流入を引き起こし、 $Ca^{2+}$ 依存性チロシンキナーゼ Pyk2 を活性化し、Ras GTP アーゼを介する Erk シグナル伝達を増強した。これが、ケモカインのインターロイキン 8(CXCL8)の産生に必須である NF- $\kappa$ B(nuclear factor- $\kappa$ B)の核移行を引き起こした。Trpm2 欠損マウスから採取した単球では、 $H_2O_2$  誘導性の  $Ca^{2+}$ 流入とマウスでの CXCL8 の機能的ホモログであるマクロファージ炎症性タンパク質(CXCL2)の産生が障害されていた。デキストラン硫酸ナトリウム誘発性腸炎炎症モデルでは、CXCL2 の発現、好中球の浸潤および潰瘍形成が Trpm2 遺伝子破壊により軽減した。したがって、TRPM2 による  $Ca^{2+}$ 流入はケモカイン産生をもたらす ROS 介在性シグナル伝達カスケードを制御し、炎症を悪化させる。我々は、TRPM2 チャネルの機能的阻害は、炎症性疾患の新たな治療戦略となると考える。

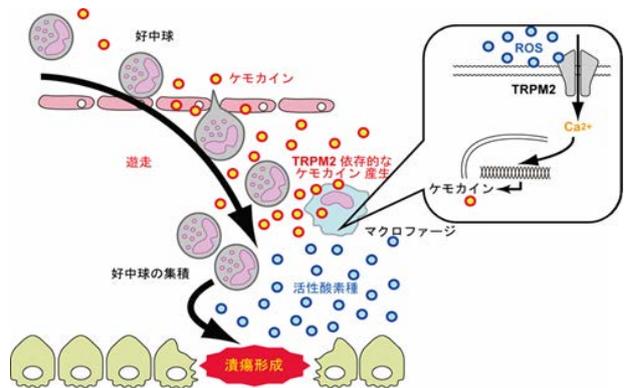


図 4. TRPM2 依存的なケモカイン産生及び潰瘍形成の概念図

- 1) N. Takahashi *et al.* *Nature Chem. Biol.* **7**, 701-711 (2011);
- 2) M. Uchiyama *et al.* *Curr. Biol. in press* (2020);
- 3) S. Kiyonaka *et al.* *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* **106**, 5400-5405 (2009);
- 4) K. Kato *et al.* *Biochemistry* **48**, 10342-10352 (2009);
- 5) S. Kiyonaka, *et al.* *Nat Methods* **10**, 1232-1238 (2013);
- 6) S. Kiyonaka, *et al.* *Nat Methods* **12**, 801-802 (2015);
- 7) S. Yamamoto *et al.* *Nature Med.* **14**, 738-747 (2008).

# 遷移金属錯体化学研究室

研究内容：クラスター錯体化学・有機金属化学・分子触媒化学・生物無機化学

所在地：宇治市五ヶ庄 京都大学 化学研究所

電話

e-mail

スタッフ：教授 大木靖弘 化学研究所 M-272C (0774)38-3035 ohki@scl.kyoto-u.ac.jp

助教 谷藤一樹 化学研究所 M-263C (0774)38-3029 tanifuji@scl.kyoto-u.ac.jp

助教 伊豆 仁 化学研究所 M-270C (0774)38-3026 izu.hitoshi.2i@kyoto-u.ac.jp

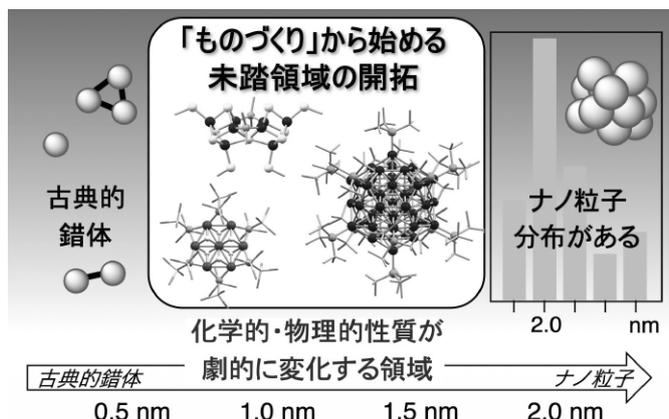
ホームページ：<http://om.kuicr.kyoto-u.ac.jp/>

## 「ナノ」と「原子」の間に潜む、新たな機能を探る

効率的なエネルギー貯蔵システムや革新的な物質生産プロセスの開発は、持続可能な社会の達成に向けて化学者の貢献が望まれる大きな課題です。私たちは、複数の金属原子が集まって働く化合物（クラスター）を触媒や機能性マテリアルとして用いて、これらの問題にアプローチしようと考えています。特に、クラスターを原子レベルで制御して合成する新しい方法を生み出し、得られたクラスターを、CO<sub>2</sub>やN<sub>2</sub>の還元といった高難度反応に応用しようと考えています。

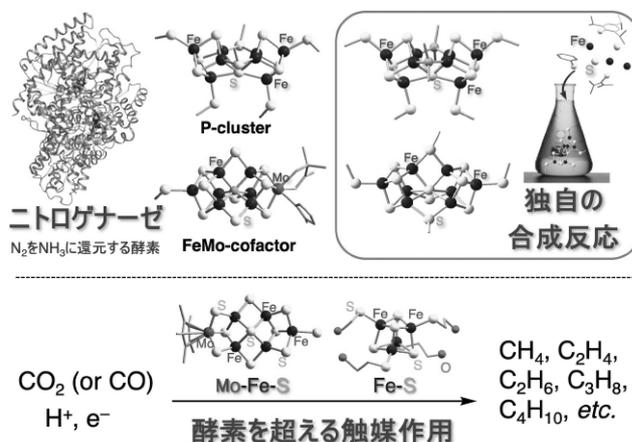
### クラスターとは？

分子を構成する原子の数は、良い意味で“いい加減”に表現できます。例えば金属原子を数える際は、1, 2, それ以上は沢山(クラスター)、さらに増えると数えること自体が面倒になりナノ、とサイズと呼ばれ始めます。右に示したように「原子」と「ナノ」の間にあたるのが、「クラスター」と呼ばれる分子群です。



### (1) 酵素の謎に迫る「ものづくり」と自然界を超えるエネルギー変換機能の開発

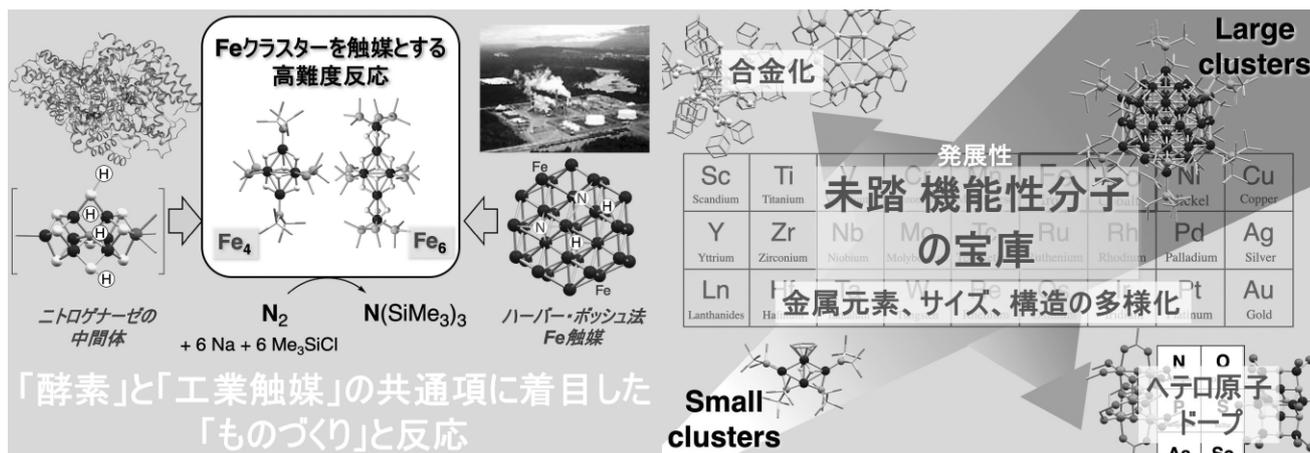
自然界では、様々な金属を用いたクラスターが、電子伝達や酵素反応などの重要な生体機能を担っています。特に、N<sub>2</sub>を還元してNH<sub>3</sub>を作る、あるいはH<sub>2</sub>Oを酸化してO<sub>2</sub>を作る、といった難しい反応を効率よく進めるには、複数の金属が協同的に働くクラスターが不可欠です。しかしなぜ、どのようにクラスターが機能するのか、という問いに明確な答えは得られていません。私たちは、これら



反応の鍵を握るクラスターをこの手で作り、酵素の謎を解明するとともに、酵素を超える機能の開拓を目指しています。例えば、酵素ニトロゲナーゼは、鉄と硫黄からなる複雑なクラスターを使って  $N_2$  を還元します<sup>1)</sup>。私たちは、独自の手法でモデルとなるクラスターを化学合成し、自然界は決して魔法のようなトリックを使っているのではなく、化学の言葉で書き下せる仕組みを使うことを、実験化学を通して証明し始めています<sup>2,3)</sup>。また類似の金属-硫黄クラスターを使って、 $CO_2$  や  $CO$  を燃料となる炭化水素類へ直接変換できることも発見しました。この技術を発展させれば、 $CO_2$  からガソリンを直接生み出す燃料再生サイクルも可能になると、期待しています。

## (2) 鉄やコバルトを自在に組み上げる「ものづくり」と触媒応用

金属原子を集積して得られる金属クラスターは、目に見える金属塊や数 nm 以上のナノ粒子、あるいは金属 1 つ、2 つ程度の古典的な錯体分子とは異なり、構造・組成・原子配列のわずかな違いに応じて性質を大きく変化させます。現在知られる金属クラスターは、その金属元素が安定で反応性の低い金、銀、銅に限られていますが、未知なる機能を目指すには周期表に大きく残された未開拓領域にも目を向ける必要があります。私たちは鉄やコバルトを手始めに、金属原子をコントロールして自在に組み上げる反応を開発しています。



「ものづくり」により得られた金属クラスターのうち、例えば鉄クラスターは、 $N_2$  を還元する酵素と工業触媒の活性種、それらの構造的な特徴を併せ持つ化合物と見ることができ、実際に触媒的な  $N_2$  の還元反応を達成しています。また私たちの「ものづくり」は、鉄やコバルト以外にも様々な金属を、多様なサイズ、構造を持ったクラスターへと導く普遍的方法になりうると考えています。

## 近年の発表論文例

- 1) K. Tanifuji, Y. Ohki, "Metal-Sulfur Compounds in  $N_2$  Reduction and Nitrogenase-Related Chemistry", *Chem. Rev.*, **120**, 5194-5251 (2020).
- 2) Y. Ohki, K. Munakata, Y. Matsuoka, R. Hara, M. Kachi, K. Uchida, M. Tada, R. E. Cramer, W. M. C. Sameera, T. Takayama, Y. Sakai, S. Kuriyama, Y. Nishibayashi, K. Tanifuji, "Nitrogen Reduction by the Fe Sites of Synthetic  $[Mo_3S_4Fe]$  Cubes", *Nature*, **607**, 86-90 (2022).
- 3) Y. Matsuoka, Y. Sakai, H. Izu, S. Shimoyama, M. Fujisawa, M. Tada, N. M. Lakshan, W. M. C. Sameera, K. Tanifuji, Y. Ohki, "Silylation of  $N_2$  catalyzed by cubic  $[Mo_3S_4Ni]$  clusters bearing Mo-bound cyclopentadienyl ligands", *Coord. Chem. Res.*, **1**, 100001 (2024).

# 有機分子変換化学研究室

研究内容： 有機合成・分子触媒・超分子/超原子触媒・資源革新・森林共生社会

所在地： [宇治キャンパス](#) (JR 黄檗駅徒歩 5 分)

ホームページ URL: <https://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~elements/>



教員：教授	中村 正治	化学研究所 M472 (0774)38-3180 <a href="mailto:masaharu@scl.kyoto-u.ac.jp">masaharu@scl.kyoto-u.ac.jp</a>
准教授	磯崎 勝弘	化学研究所 M459 (0774)38-3183 <a href="mailto:kisozaki@scl.kyoto-u.ac.jp">kisozaki@scl.kyoto-u.ac.jp</a>
講師	PINCELLA Francesca	化学研究所 M459 (0774)38-3183 <a href="mailto:pincella@scl.kyoto-u.ac.jp">pincella@scl.kyoto-u.ac.jp</a>
助教	中川 由佳	化学研究所 M459 (0774)38-3183 <a href="mailto:nakagawa.yuka.5f@kyoto-u.ac.jp">nakagawa.yuka.5f@kyoto-u.ac.jp</a>
助教	峰尾 恵人	化学研究所 M470 (0774)38-3185 <a href="mailto:mineo.keito.78n@kyoto-u.jp">mineo.keito.78n@kyoto-u.jp</a>
助教	道場 貴大	化学研究所 M459 (0774)38-3183 <a href="mailto:doha.takahiro.3t@kyoto-u.ac.jp">doha.takahiro.3t@kyoto-u.ac.jp</a>

## 研究室概要

**"Toward the best synthesis for better society"** を合い言葉

に、資源・エネルギー問題を解決する社会革新触媒，社会革新反応，社会革新化合物を創り出し，人類の明るい未来を拓きます。

(1) 鉄に代表される普遍金属元素の特性を活用した触媒的有機合成反応の開発と有用化合物（医薬品や農薬，有機電子材料など）の合成 (2) ペプチドなどの生体高分子の分子認識能を付与した金属ナノ粒子を用いた超元素超分子触媒の開発と安定化学資源の活用反応 (3) 再生可能炭素資源である木質バイオマスの高度利用法と森林化学産業の基盤確立「森林を佳くする有機化学」に取り組んでいます。

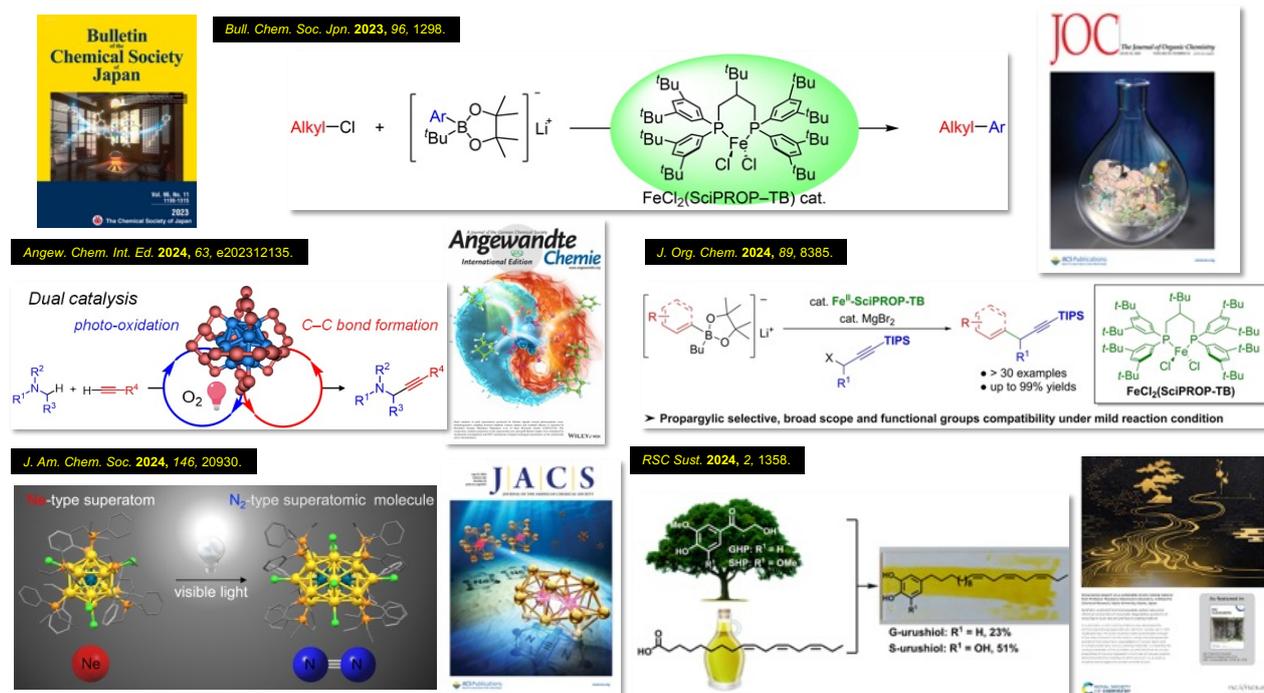


## 研究内容紹介

**【なぜ新しい反応？】** 有機化学には数多くの人名反応，合成反応があります。もうこれ以上新しい化学反応を見つけてどうするの？といった疑問を持たれるかも知れません。現在の我々の生活を支えている合成反応は，石炭・石油などの再生困難な炭素資源や，レアメタルと呼ばれる希少金属資源に大きく依存しています。人類の持続的な発展の物質的基盤を固めるには，従来型の合成反応のみでは心許ないのが現状です。有用物質の工業生産における省資源化，さらには新資源開拓にも新しい有機分子変換反応が不可欠であると同時に，新反応による新規機能性分子・有用物質の創出が鍵であると考えています。

**【どんな反応を？】** 手に入りやすい原料化合物から，機能をもった有用分子を作り出すことが有機合成化学の基本です。そのため，有機分子の骨格を形作る炭素-炭素結合を生成する

反応と、有機分子に様々な機能を付与する置換基を導入する炭素—ヘテロ元素結合生成反応は、有機合成において最も重要な化学反応といえます。我々は「**化学資源の活用**」をキーワードに、地殻中に大量に存在し、かつ地球上に遍在する普遍性の高い金属元素（鉄やマグネシウム、アルミニウム、亜鉛など）を利用する触媒的結合生成反応の開発や、次世代の再生可能炭素資源として期待されている非可食性バイオマス由来のリグニン類の選択的な分解反応や有用物質への直接変換反応の開発にも、精力的に取り組んでいます。以下には、最近の代表的な報告例を示しています。



### 【産学連携：社会実装を目指して】

ダイセル、大陽日酸、日産化学、三菱ケミカル、チッソ、東ソー、東ソー・ファインケム、マナック、第一三共製薬、小野薬品、アステラス製薬、富士フイルム和光純薬、JX エネルギー等の企業と共同研究を行って来ました。

2021年7月1日には京都大(株)TSK（鉄触媒化学の頭文字）を、孫恩喆社長（玉尾研究室2006年博士卒業）と立ち上げました。

次世代化学産業の在るべき姿を念頭に、産学共同研究、反応技術と化合物の社会実装を進めて参ります。

TSK ホームページ：  
<http://tsk.kyoto>



# 構造有機化学 研究室

研究内容： $\pi$  共役系分子・有機合成・ナノカーボン分子・分子錯体・キラル・らせん

所在地：宇治市五ヶ庄

スタッフ：

化学研究所本館 電話

教授 村田 靖次郎 M-352C (0774) 38-3172

e-mail: [yasujiro@scl.kyoto-u.ac.jp](mailto:yasujiro@scl.kyoto-u.ac.jp)

准教授 廣瀬 崇至 N-530C (0774) 38-3173

e-mail: [hirose@scl.kyoto-u.ac.jp](mailto:hirose@scl.kyoto-u.ac.jp)

助教 橋川 祥史 M-351C (0774) 38-3174

e-mail: [hashi@scl.kyoto-u.ac.jp](mailto:hashi@scl.kyoto-u.ac.jp)

ホームページ：<http://www.scl.kyoto-u.ac.jp/~kouzou/index.html>  Google 検索「有機 教授」で  
トップに出ます！

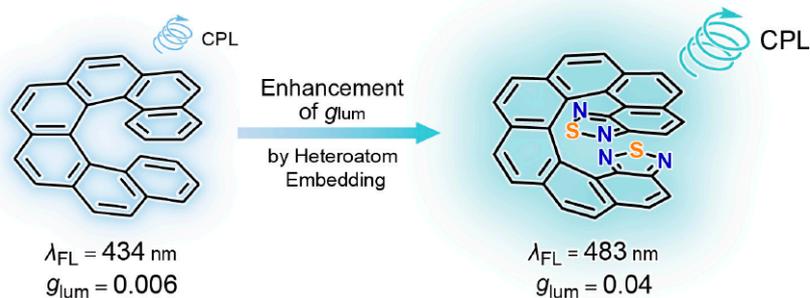
研究概要：化学の醍醐味のひとつは、分子レベルでの「ものづくり」が可能であることである。原子や分子を自在に組立て、新しい物性の期待される物質の構造を設計し合成する。その新物質の構造を精密に測定し、果たして予想された性質が現れるか、あらゆる分析・解析手段で調べ上げる。その結果に理論的解釈を加えて論文発表し、また新しい分子の設計にフィードバックする。この研究サイクルによって、これまでに無い、真に新しい物性をもつ物質を創製する。これが私達の行なっている「構造有機化学」である。対象となる物質は有機化学の根幹となる炭化水素を中心に種々のヘテロ原子を加え、特に $\pi$ 電子が共役した新しい構造をもつ分子である。 $\pi$ 電子は、内殻電子や $\sigma$ 電子と比較してその電子が自在に動き回る性質を有し、さらに他分子と相互作用する結果多様な機能をもっており、極めて興味深い。学術的に「おもしろい分子」を合成し望みの物性を発現させる、という基礎研究が、有機化学の発展と新しい機能性分子誕生の礎となることを目指している。

最近の論文発表：

- (1) “Synthesis of Inter-[60]Fullerene Conjugates with Inherent Chirality,” Hashikawa, Y.; Okamoto, S.; Murata, Y. *Nat. Commun.* **2024**, *15*, 514 (7 pages).
- (2) “Synthesis of an Open-Cage  $C_{60}$  Derivative with a Double Stopper,” Huang, G.; Hashikawa, Y.; Murata, Y. *ChemistrySelect* **2023**, *8*, e20230488.
- (3) “Water in Fullerenes,” Hashikawa, Y.; Murata, Y. *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2023**, *96*, 943-967.
- (4) “ $CH_3CN@Open-C_{60}$ : An Effective Inner-Space Modification and Isotope Effect inside the Nano-Sized Flask,” Huang, G.; Ide, Y.; Hashikawa, Y.; Hirose, T.; Murata, Y. *Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202301161 (7 pages). (Cover Picture)
- (5) “Circularly Polarized Luminescence of Hetero[n]helicenes with 2,1,3-Thiadiazole Rings at Both Ends: Design of Magnetically-Allowed Electronic Transitions via Heteroatom Embedding,” Zhang, Z.; Murata, Y.; Hirose, T. *Tetrahedron* **2023**, *142*, 133514.
- (6) “ $\pi$ -Extended Open-[70]Fullerenes with a Fused Azaacene,” Sadai, S.; Hashikawa, Y.; Murata, Y. *Org. Lett.* **2023**, *25*, 2815-2819. (Cover Picture)
- (7) “Near-Infrared-Absorbing Chiral Open [60]Fullerenes,” Hashikawa, Y.; Sadai, S.; Okamoto, S.; Murata, Y. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, *62*, e202215380 (7 pages).
- (8) “ $\pi$ -Extended Fullerenes with a Reactant Inside,” Hashikawa, Y.; Fujikawa, N.; Murata, Y. *J. Am. Chem. Soc.* **2022**, *144*, 23292-23296.

## 末端修飾型ヘテロヘリセンの円偏光発光特性（廣瀬）

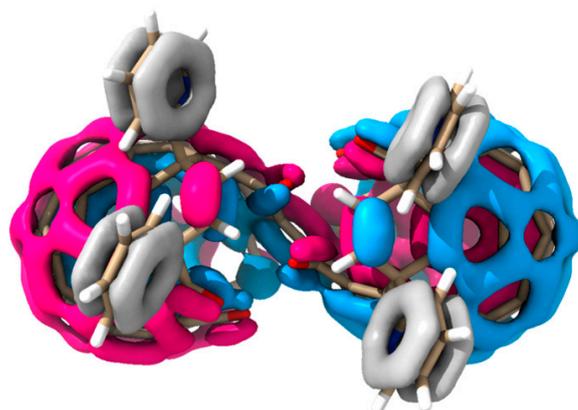
キラリティーを持つ発光色素は、片方の円偏光を選択的に発光する円偏光発光 (CPL) 特性を持つ。優れた CPL 特性を実現するためには、発光に関わる電子遷移 ( $S_0 \rightarrow S_1$  遷移) において、分子と電磁波の磁場振動部分との相互作用 (遷移磁気双極子モーメント  $m = -i \mu_B \langle \phi_f | \mathbf{r} \times \nabla | \phi_i \rangle$ ) が大きいキラル分子の設計が必要である。



らせん状骨格の両末端に 2,1,3-チアジアゾール環を持つヘテロヘリセン誘導体の合成を行ったところ、大きな円偏光発光の非対称性因子 ( $g_{lum} = +0.04$ ) を示すことが明らかになった。密度汎関数法 (DFT) によって発光遷移の解析を行ったところ、実験で得られた左右の円偏光発光の大きな選択性は、大きな遷移磁気双極子モーメント ( $|m| = 2.3 \times 10^{-20} \text{ erg G}^{-1}$ ) に由来することが分かった。

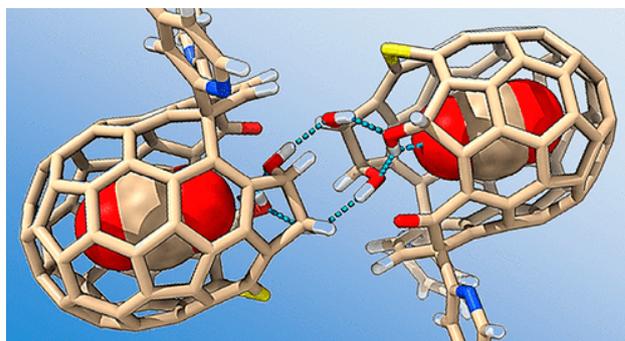
## キラルな共役フラレン二量体（村田、橋川）

キラルな開口型フラレンを連結させるとどうなるだろうか？ 有機りん試薬を用いたワンポット反応により、共役および非共役フラレン二量体を合成したところ、前者は特異な 6 電子還元挙動および世界最大の非対称因子（左右円偏光の吸収の差）を示すことがわかった。一方、後者は溶液および固体中において、ヘテロキラル認識による会合挙動を示した。



## 単一分子気体の状態方程式（村田、橋川）

フラレン内部に取り込まれた分子は並進の自由度を失った気体と考えることができるが、その振る舞いを記述する状態方程式は考案されていなかった。ベルヌイ式を活用することにより、実験値から単一  $\text{CO}_2$  分子の圧力を見積もったところ、室温においてわずか  $3.14 \text{ rPa}$  ( $1 \text{ rPa} = 10^{-27} \text{ Pa}$ ) であった。また赤外分光により、回転および振動運動への摂動が検出された。興味深いことに、ホスト分子であるフラレン自身の二量化定数が  $\text{CO}_2$  内包により 1.6 倍向上することもわかった (Front Cover に採択)。



令和 6 年度：博士課程学生 4 名、4 回生 2 名、秘書 1 名

# 高分子制御合成研究室

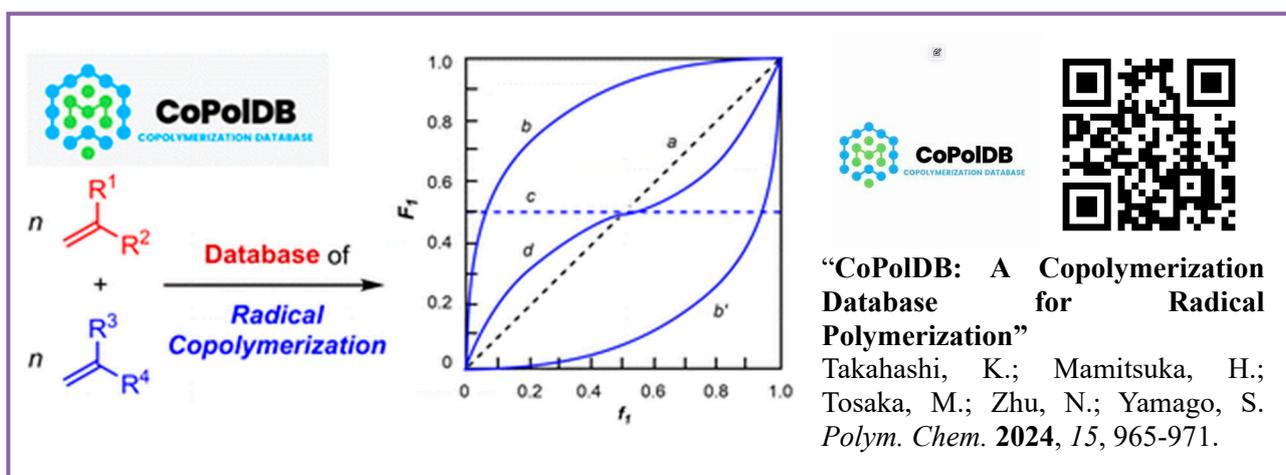
研究内容：高分子合成化学・有機合成化学・材料合成化学

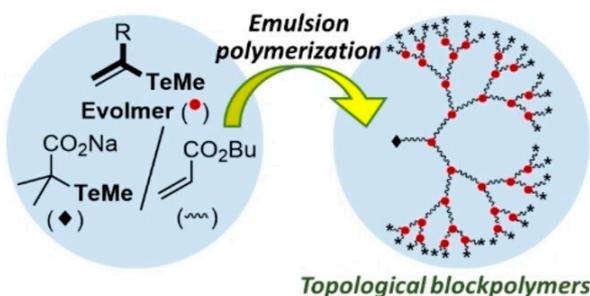
所在地：宇治市五ヶ庄 化学研究所

		電話	FAX
スタッフ：教授	山子 茂	化研本館 N-212C 0774-(38)-3060	0774-(38)-3067
		e-mail: yamago@scl.kyoto-u.ac.jp	
准教授	登阪 雅聡	化研本館 N-228C (38)-3062	(38)-3067
		e-mail: tosaka@scl.kyoto-u.ac.jp	
助教	茅原 栄一	化研本館 N-201C (38)-3061	(38)-3067
		e-mail: kayahara@scl.kyoto-u.ac.jp	

研究室HP：<https://os.kuicr.kyoto-u.ac.jp/index.html>

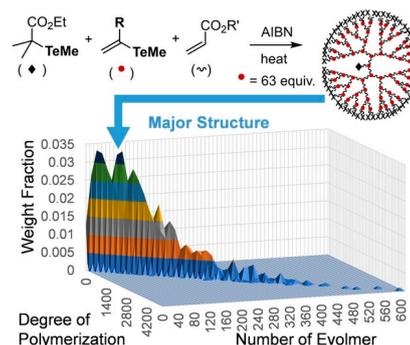
当研究室では「輝く分子の創製」をキーワードとして、ラジカル重合を高度に制御できる分子、それにより合成された超分岐高分子、環状構造を持つ $\pi$ 共役分子、さらに制御ラジカル重合や環状 $\pi$ 共役分子を基盤とした高次構造を持つ機能性高分子等、未来の社会で輝く新しい分子の合成とその機能の解明に取り組んでいる。さらに、ラジカル重合停止機構についても研究している。以下に最近の主な成果を示す。





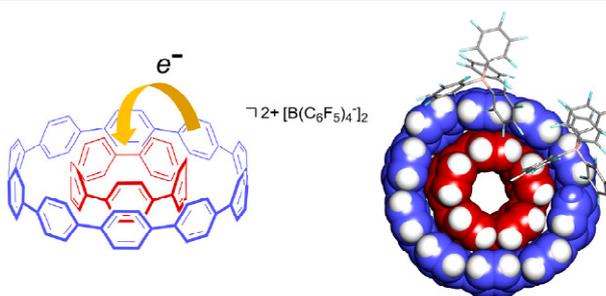
**“Practical Synthesis of Dendritic Hyperbranched Polyacrylates and Their Topological Block Polymers by Organotellurium-Mediated Emulsion Polymerization in Water”**

Jiang, Y.; Kibune, M.; Tosaka, M.; Yamago, S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, e202306916.



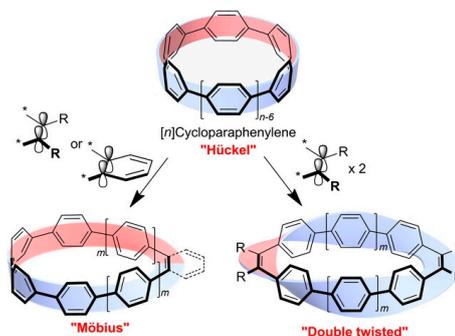
**“Stochastic Simulation of Controlled Radical Polymerization of Dendritic Hyperbranched Polymers”**

Tosaka, M.; Takeuchi, H.; Kibune, M.; Tong, T.; Zhu, N.; Yamago, S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, e202305127.



**“Enhanced Host-Guest Interaction between [10]Cycloparaphenylene ([10]CPP) and [5]CPP by Cationic Charges”**

Kayahara, E.; Mizuhata, Y.; Yamago, S. *Beilstein J. Org. Chem.* **2024**, 20, 436-444.



**“Synthesis of Twisted [N]Cycloparaphenylenes by Alkene Insertion”**

Terabayashi, T.; Kayahara, E.; Mizuhata, Y.; Tokitoh, N.; Nishinaga, T.; Kato, T.; Yamago, S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2023**, 62, e202214960.

**“Generation and Characterization of a Tetraradical Embedded in a Curved Cyclic Paraphenylene Unit”**, Miyazawa, T.; Wang, Z.; Hatano, S.; Takagi, R.; Matsuoka, H.; Amamizu, N.; Kitagawa, Y.; Kayahara, E.; Yamago, S.; Abe, M. *Chem. Eur. J.* **2023**, 29, e202301009.

**“A Donor-Acceptor 10-Cycloparaphenylene and Its Use as an Emitter in an Organic Light-Emitting Diode”**, Chen, D.; Wada, Y.; Kusakabe, Y.; Sun, L.; Kayahara, E.; Suzuki, K.; Tanaka, H.; Yamago, S.; Kaji, H.; Zysman-Colman, E. *Org. Lett.* **2023**, 25, 998-1002.

“外場/物理的刺激によるリビングラジカル重合”, 今村裕司; 山子茂. *新訂三版ラジカル重合ハンドブック: エヌ・ティー・エヌ*, **2023**, 第10節, pp. 284-292.

“有機テルル化合物を用いるリビングラジカル重合 TEPP”, 山子茂. *新訂三版ラジカル重合ハンドブック: エヌ・ティー・エヌ*, **2023**, 第9節, pp. 274-283.

“ラジカル重合による多分岐高分子の実用的な構造制御合成法”, 山子茂, 蔣語涵, *高分* **2023**, 72, 463-467.

“歴史は繰り返される—有機合成から高分子合成への変遷”, 山子茂, *ドラマチック有機合成化学感動の循環100*, 有機合成化学協会編, 化学同人, **2023**, 130-131

## 一般財団法人 有機合成化学研究所

### 産学共同学習セミナー「新物質・新材料研究会」

#### 令和6年度

##### 第1回(令和6年7月23日) (ハイブリッド開催)

「多数の金属を含む分子：自然界に学ぶ設計・合成と触媒利用」

京都大学大学院工学研究科教授 大木 靖弘

「田岡化学のケミストリーと志向するマーケット」

田岡化学工業株式会社  
研究所 NEXT 事業開発・IP 戦略部 部長 世古 信三

##### 第2回(令和7年1月21日) (ハイブリッド開催)(内容未定)

#### 令和5年度

##### 第1回(令和5年7月18日) (ハイブリッド開催)

「革新的分子プローブの設計・合成と生体イメージングへの応用」

京都大学大学院工学研究科教授 近藤 輝幸

「企業における有機合成研究の技術力向上と課題解決」

株式会社ダイセル マテリアル SBU 上席技師 北山 健司

##### 第2回(令和6年1月23日) (ハイブリッド開催)

「シリレントランスファーを利用する合成化学の新展開」

京都大学大学院工学研究科教授 杉野目 道紀

「今後の医薬品開発における有機合成化学の役割・可能性」

塩野義製薬株式会社・バイオ医薬研究本部長 青山 恭規

#### 令和4年度

##### 第1回(令和4年7月19日) (ハイブリッド開催)

「有機合成におけるデジタル化とは」

京都大学大学院工学研究科教授 松原 誠二郎

「広栄化学の研究開発～伝承と挑戦～」

広栄化学株式会社 執行役員 坂本 典保

##### 第2回(令和5年1月24日) (ハイブリッド開催)

「光・電子機能性有機材料の未踏物質空間を拓く」

京都大学高等研究院物質-細胞統合システム拠点教授 深澤 愛子

「日本触媒のフロー合成に関する研究紹介

～フロー反応システムに適する高機能性触媒を目指して～」

株式会社日本触媒 コーポレート研究本部  
本部長 (兼) 研究センター長 奥 智治

## 令和3年度

### 第1回(令和3年7月13日)(オンライン開催)

「共役系のサイズを変えないエネルギー準位の制御法を用いた  
近赤外有機材料の開発」

京都大学大学院工学研究科教授 田中 一生

「日本触媒におけるマテリアルズインフォマティクスのご紹介」

株式会社日本触媒 事業創出本部

データサイエンス&インフォマティクス推進室 室長

右田 啓哉

### 第2回(令和4年1月18日)(オンライン開催)

「柱型環状ホスト分子「ピラー[n]アレーン」の分子空間材料への展開」

京都大学大学院工学研究科教授 生越 友樹

「ペプチド研究所のペプチド合成研究について」

株式会社ペプチド研究所 取締役副社長

吉矢 拓

## 令和2年度

### 第1回(令和2年7月14日)(コロナ禍により中止)

### 第2回(令和3年1月19日)(オンライン開催)

「超分子／高分子複合ヒドロゲルの構造と機能」

京都大学大学院工学研究科教授 浜地 格

「サンアプロの光酸発生剤の開発について」

サンアプロ株式会社 研究所長

木村 秀基

## 令和元年度

### 第1回(令和元年7月16日)

「光機能分子の分子軌道・分子配列の制御による高次光機能の創出」

京都大学大学院工学研究科教授 松田 建児

「共役系高分子を用いた塗布型有機ELディスプレイ材料の開発」

住友化学株式会社 先端材料開発研究所 主幹研究員 津幡 義昭

### 第2回(令和2年1月21日)

「内包フラーレンの有機合成による孤立化学種の実現」

京都大学化学研究所教授 村田 靖次郎

「東洋紡における高機能性ポリマーの開発について」

東洋紡・コーポレート研究所

ケミカル基盤ユニット リーダー

田中 秀樹

## 平成30年度

### 第1回(平成30年7月17日)

「籠状・環状 $\pi$ 共役分子の有機化学」

京都大学化学研究所教授

山子 茂

「有機系機能材料の開発指針 ～ 東ソーの取り組み ～」

東ソー株式会社 有機材料研究所 所長

江口 久雄

**第2回**(平成 31 年 1 月 22 日)

「化学資源を活用する有機合成化学：鉄と森で倅せな未来を」

京都大学化学研究所教授

中村 正治

「日本ペイントホールディングスにおけるイノベーション創出」

日本ペイントホールディングス株式会社

執行役員 R&D 本部 本部長

小畑 裕作

**平成 29 年度**

**第1回**(平成 29 年 7 月 18 日)

「光を促進力として使う有機合成」

京都大学大学院工学研究科教授

村上 正浩

「日産化学における含窒素ヘテロ環農薬研究開発」

日産化学工業株式会社 物質科学研究所副所長

合成研究部 部長

田中 規生

**第2回**(平成 30 年 1 月 23 日)

「パラジウム触媒直接的アリール化重合 (DArP)」

京都大学化学研究所教授

小澤 文幸

「当社の高機能ポリマーの開発と工業化」

株式会社大阪ソーダ

R&Dイノベーションセンター 主席

松尾 孝

**平成 28 年度**

**第1回**(平成 28 年 7 月 12 日)

「二酸化炭素を用いる触媒的官能基化反応の展開」

京都大学大学院工学研究科教授

辻 康之

「爆ごう法ナノダイヤモンドの製法とその機能発現」

株式会社ダイセル 研究開発本部

コーポレート研究センター 主席研究員

西川 正浩

**第2回**(平成 29 年 1 月 24 日)

「新規 BDNF ミメティック化合物の創製」

京都大学大学院工学研究科教授

森 泰生

「TERP法を用いた高機能ポリマーの開発と工業化」

大塚化学株式会社研究開発本部総合研究所

リビングポリマーグループリーダー

山本 実

**平成 27 年度**

**第1回**(平成 27 年 7 月 21 日)

「コンフォメーション制御による不斉合成 ―有機分子触媒のパフォーマンス―」

京都大学大学院工学研究科教授 松原 誠二郎  
「大阪大学ダイキン(フッ素化学)共同研究講座の取り組み」  
ダイキン工業株式会社化学研究開発センター 先進技術G 足達 健二

**第2回(平成 28 年 1 月 19 日)**

「らせん高分子ポリキノキサリンの構造制御と新キラル機能」  
京都大学大学院工学研究科教授 杉野目 道紀  
「アリルシラン化合物の開発とフロー・マイクロ合成」  
共栄社化学株式会社 新規事業開発室兼)研究企画室 岡田 秀喜

**平成 26 年度**

**第1回(平成 26 年 7 月 29 日)**

「フロー・マイクロ重合 新しい実践的精密重合法」  
京都大学大学院工学研究科教授 吉田 潤一  
「サステナブル社会の実現を目指した界面活性剤とその製造研究」  
花王株式会社エコイノベーション研究所グループライダー 宇野 満

**第2回(平成 27 年 1 月 20 日)**

「協働金属触媒による炭素-炭素結合形成反応」  
京都大学大学院工学研究科教授 中尾 佳亮  
「松本油脂製薬の研究開発」  
松本油脂製薬株式会社 第三研究部長 勘藤 芳弘

**平成 25 年度**

**第1回(平成 25 年 7 月 29 日)**

「ホウ素の特性を活かした高分子発光材料の創製」  
京都大学大学院工学研究科教授 中條 善樹  
「新規触媒による機能性材料開発について」  
三洋化成工業株式会社研究業務本部研究企画部部長 三浦 秀司

**第2回(平成 26 年 1 月 21 日)**

「有機不飽和活性種による新奇複素環合成」  
京都大学大学院工学研究科教授 大江 浩一  
「日本触媒の研究開発」  
株式会社日本触媒企画開発本部企画部部長 浅子 佳延

**平成 24 年度**

**第1回(平成 24 年 7 月 24 日)**

「ゲノム情報を基盤とした微生物代謝・制御機構の解明」  
京都大学大学院工学研究科教授 跡見 晴幸  
「アルミニウム系ポリエステル重合触媒の開発と工業化」  
東洋紡績(株)事業開発企画室新事業企画部 形舞 祥一

**第2回**(平成 25 年 1 月 22 日)

- 「フラーレンの骨格変換反応を用いた機能性有機化合物の合成」  
京都大学化学研究所教授 村田 靖次郎
- 「試薬開発を起点としたファインケミカル事業」  
和光純薬工業(株)化成成品事業部化成成品開発本部長 佐野 淳典

**平成 23 年度**

**第1回**(平成 23 年 7 月 21 日)

- 「ヘテロメタラサイクルを鍵中間体とする新規触媒的ヘテロ環構築法」  
京都大学先端医工学研究ユニット教授 近藤 輝幸
- 「新しい医薬品骨格を創る」  
大日本住友製薬株式会社研究本部シニアスペシャリスト 永田 龍

**第2回**(平成 24 年 1 月 19 日)

- 「フォトクロミック分子を利用した機能性有機材料」  
京都大学大学院工学研究科教授 松田 建児
- 「カネカの事業創造における有機合成化学の役割」  
株式会社カネカ RD 推進部 井上 健二

**平成 22 年度**

**第1回**(平成 22 年 7 月 22 日)

- 「芳香環連結の合成化学と機能化学の新展開」  
京都大学大学院工学研究科教授 杉野目 道紀
- 「高分子型有機EL材料の開発」  
住友化学(株)有機合成研究所所長 池平 秀行

**第2回**(平成 23 年 1 月 20 日)

- 「有機合成を背景とした精密高分子合成」  
京都大学化学研究所教授 山子 茂
- 「光機能性材料の新展開 ―光と色を化学する材料の開発―」  
富士フイルム株式会社  
R&D 統括本部フェロー 青合 利明

**平成 21 年度**

**第1回**(平成 21 年 7 月 23 日)

- 「鉄触媒による炭素-炭素結合生成反応の精密制御」  
京都大学化学研究所附属  
元素科学国際研究センター教授 中村 正治
- 「耐熱性ポリアミド“ジェネスタ”の開発」  
(株)クラレ化成成品・メディカルカンパニー  
ジェネスタ事業部営業開発部部長 柏村 次史

**第2回**(平成 22 年 1 月 21 日)

「ナノサイズ分子触媒の新展開」

京都大学大学院工学研究科教授 辻 康之

「新農薬の研究開発」

日本農薬株式会社研究開発本部本部長  
取締役兼常務執行役員 濱口 洋

**平成 20 年度**

**第 1 回** (平成 20 年 7 月 24 日)

「有機化合物の重水素化ラベル化技術の開拓とその応用  
ー水の有機合成への積極利用」

京都大学大学院工学研究科教授 松原 誠二郎

「新日鐵化学におけるエレクトロニクス有機材料の開発」

新日鐵化学(株)技術本部 三田村 修一

**第 2 回** (平成 21 年 1 月 22 日)

「コンビ化学で探索するバイオ材料としての超分子ヒドロゲル」

京都大学大学院工学研究科教授 浜地 格

「プロスタグランジン合成の為の立体選択的還元剤」

小野薬品工業(株)医薬品化学研究所 中井 久郎

**平成 19 年度**

**第 1 回** (平成 19 年 7 月 12 日)

「システイン酸化的修飾によるチャンネル機能制御とその生理化学的意義」

京都大学大学院工学研究科教授 森 泰生

「ダイセル化学 R & D の取組み」

ダイセル化学工業株式会社 松田 洋和

**第 2 回** (平成 20 年 1 月 17 日)

「all-cis ポリ (アリーレンビニレン) : その合成と特異な光化学的特性」

京都大学化学研究所 小澤 文幸

「求電子型トリフルオメチル化反応」

ダイキン工業株式会社 足達 健二

**平成 18 年度**

**第 1 回** (平成 18 年 7 月 13 日)

「企業の研究開発と若き技術者への期待」

ダイソー株式会社 里茂 皓二

**第 2 回** (平成 19 年 1 月 18 日)

「アルキンより発生する有機金属活性種を利用した合成反応」

京都大学大学院工学研究科教授 大江 浩一

### 平成17年度

第1回 (平成17年7月21日)

「ピレスロイド系家庭用殺虫剤の製法研究」

住友化学株式会社 山近 洋

第2回 (平成18年1月19日)

「ソルボサーマル反応による無機材料合成」

京都大学大学院工学研究科教授 井上 正志

### 平成16年度

第1回 (平成16年4月15日)

「化学ハサミとしての遷移金属錯体」

京都大学大学院工学研究科教授 村上 正浩

第2回 (平成16年7月15日)

「マイクロリアクターを用いる物質生産」

京都大学大学院工学研究科教授 吉田 潤一

第3回 (平成16年10月14日)

「当社における反応性オリゴマー事業の開拓と新展開」

鐘淵化学工業株式会社 諫山 克彦

第4回 (平成17年1月20日)

「SAC-CI on Gaussian を用いた研究展開」

—精密分子分光学から分子生物学まで—

京都大学大学院工学研究科教授 中辻 博

### 平成15年度

第1回 (平成15年4月17日)

「カルコゲン元素架橋ルテニウム二核錯体の開発—その特異な触媒機能—」

京都大学大学院工学研究科教授 植村 榮

第2回 (平成15年7月17日)

「フラーレンの有機化学」

京都大学化学研究所 小松 紘一

第3回 (平成15年10月16日)

「バイオナノテクに役立つ機能分子の開発」

京都大学大学院工学研究科教授 齋藤 烈

第4回 (平成16年1月15日)

「企業における研究開発」

東洋紡績(株)バイオ・メディカル事業本部長 大口 正勝

## 平成14年度

- 第1回 (平成14年4月18日)  
「機能性共役ポリマーの新展開」  
京都大学大学院工学研究科教授 増田 俊夫
- 第2回 (平成14年7月18日)  
「糖鎖工学を目指した大環状糖クラスターの生物有機化学」  
京都大学大学院工学研究科教授 青山 安宏
- 第3回 (平成14年10月17日)  
「超好熱菌の genomics」  
京都大学大学院工学研究科教授 今中 忠行
- 第4回 (平成15年1月16日)  
「有機ケイ素化学 ―有機合成化学から物質科学まで―」  
京都大学化学研究所教授 玉尾 皓平

## 平成13年度

- 第1回 (平成13年4月19日)  
「CO<sub>2</sub>の超高速変換と隔離技術を巡る新展開  
―エネルギー資源無限サイクルの世紀は到来するか―」  
京都大学名誉教授 乾 智行
- 第2回 (平成13年7月19日)  
「環境にやさしい有機合成」  
京都大学大学院工学研究科教授 大寫 幸一郎
- 第3回 (平成13年10月18日)  
「ケイ素、スズ、ホウ素を活用する有機合成反応」  
京都大学大学院工学研究科教授 檜山 爲次郎
- 第4回 (平成14年1月17日)  
「ナノサイエンスにおける新規金属錯体材料の設計と合成」  
京都大学大学院工学研究科教授 北川 進

## 平成12年度

- 第1回 (平成12年4月20日)  
「ハイブリッド型分子複合材料の創製」  
京都大学大学院工学研究科教授 中條 善樹
- 第2回 (平成12年7月21日)  
「ポリオレフィン工業の現状と将来 ―重合触媒の展開を中心として」  
京都大学名誉教授 三枝 武夫
- 第3回 (平成12年10月19日)  
「光学活性らせん状ポリマーの立体選択的合成」  
京都大学大学院工学研究科教授 伊藤 嘉彦
- 第4回 (平成13年1月18日)  
「ルテニウム錯体触媒を用いる有機合成の特徴と展望」  
京都大学大学院工学研究科教授 光藤 武明

# 一般財団法人 有機合成化学研究所 講演会(第39回)・会員企業の技術紹介(現地対面形式)

日時：令和6年11月22日(金) 午前10時～午後5時20分(入場無料)

会場：京都大学桂キャンパス化学系大講義室(京都市西京区京都大学桂AクラスターA2棟3F306号室)  
ご来場は公共交通機関をご利用下さい。

## 午 前 の 部

- |       |                              |                       |                |
|-------|------------------------------|-----------------------|----------------|
|       | 総合司会                         | 有機合成化学研究所常務理事         | 中 尾 佳 亮        |
| 10:00 | 開会の辞                         | 有機合成化学研究所理事長          | 大 江 浩 一        |
| 10:05 | 1. 開口フラレンを利用したキラルナノカーボン分子の合成 | 京都大学化学研究所             | ○村 田 靖次郎       |
| 10:35 | 2. 環状 $\pi$ 共役分子が作り出す新しい芳香族性 | 京都大学化学研究所             | ○山 子 茂、茅 原 栄 一 |
| 11:05 | 休 憩                          |                       |                |
| 11:15 | 3. 分子集合体の精密合成化学              | 京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻   | ○杉 安 和 憲       |
| 11:45 | 4. シリレンおよびジシレントランスファー反応の新展開  | 京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻 | ○杉野目 道 紀       |
| 12:15 | 昼 食                          |                       |                |

## 午 後 の 部

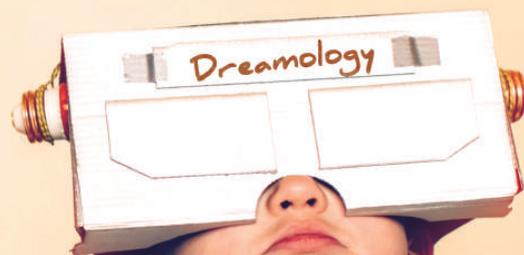
- |       |  |   |          |
|-------|--|---|----------|
|       | 総合司会                                       | 有機合成化学研究所理事長                                    | 大 江 浩 一  |
| 13:30 | 5. イオンチャネルの非イオン透過機能から読み解くシグナル伝達ダイナミクス      | 京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻                           | ○森 泰 生   |
| 14:00 | 6. 超電子受容性炭化水素の創製と未踏機能の探求                   | 京都大学高等研究院物質-細胞統合システム拠点                          | ○深 澤 愛 子 |
| 14:30 | 令和6年度研究助成受賞者発表                             |   |          |
| 14:35 | 会員企業のプレゼンテーションおよびポスターセッション-会員企業の技術紹介-      |   |          |
|       | (参加予定企業) (株)カネカ、住友化学(株)、積水化学工業(株)、東洋紡(株) 他 |   |          |
| 16:15 | 特別講演 ハロゲンと有機化学 ～歴史・資源・反応と産業利用～             | 東ソー株式会社 機能材料研究センター<br>有機材料研究所 有機合成グループ<br>主任研究員 | 白 井 智 大  |
| 17:15 | 閉会の辞                                       | 有機合成化学研究所理事                                     | 田 中 一 生  |

なお、ご参加(無料)は事前参加登録が必要です。  
また、午後6時より学内で交流会(懇親会・無料)を開催します。  
参加をご希望の場合は、参加登録申込書にてお申し込みください。

〒606-8305 京都市左京区吉田河原町14 京都技術科学センター内  
一般財団法人 有機合成化学研究所  
TEL 075-761-2890 FAX 075-761-2892  
URL <https://www.organicssynthesis.jp/>  
E-mail [yukigoseiken@gmail.com](mailto:yukigoseiken@gmail.com)

# 贊助會員企業廣告

# Limitless



サステナブルを、化学のPOWERで。



1  
10,406<sup>※1</sup>

これは、世界の液晶ディスプレイの2台に1台<sup>※2</sup>に採用されている  
液晶偏光子保護フィルム「コスモシャインSRF<sup>®</sup>」が  
完成し、量産されるまでに必要としたある数字です。

高性能素材メーカーとして。  
たったひとつの成功に向かって努力し  
トライアルアンドエラーを繰り返しながらも  
諦めなかった挑戦の軌跡です。

私たち東洋紡はこれからも  
素材+サイエンスで  
人と地球に求められるソリューションを  
創造し続けます。

※1 2011年～2023年 当社にて該当製品の検査にかかった工数

※2 2022年 当社調べ

**TOYOBO**  
Beyond Horizons



東洋紡株式会社

# 提案する化学。

化学の可能性は常に無限にある。

製品の性能や品質向上に応えたり、

実現困難だったアイデアを商品化に導くことも。

日本触媒は様々な企業と対話を重ね、

提案力を強化、進化していきます。

化学の可能性に挑み、

より多くのお客様にソリューションをお届けしていきます。

日本触媒 

# 松本油脂製薬株式会社

創業90年以上のベンチャー企業が、  
独自技術で新しい価値を創造し続けます

## 松本油脂製薬とは

### 新商品の開発力

- 界面技術を基に、新技術を開発
- スペシャルティケミカルの開拓に注力
- 化学工業分野にて、多数の特許を取得

### 高いシェア

- 身近な暮らしから先端工業まで、幅広い分野を支える様々な商品で高いシェアを保持

### 高い収益と高水準の資産

- 収益率の高い商品を販売
- 強固な財務基盤

## コア技術

多岐分野にわたる界面技術の応用



## 松本油脂製薬の製品群

### 繊維産業分野

- 衣料用繊維、産業資材用繊維
- 医療・衛生材料用繊維

⇒ 製糸から、最終製品に至る各工程で使用する各種薬剤

### 一般工業分野

- 香粧、トイレタリー ⇒ 界面活性剤・マイクロビーズ
- ゴム・プラスチック ⇒ マイクロカプセル (離型剤、軽量化剤、意匠性)
- 建材・壁紙
- 土木・建築 ⇒ メチルセルロース



本社・工場・研究施設  
〒581-0075 大阪府八尾市渋川町2-1-3  
TEL : (072) 991-1001(代)  
FAX : (072) 994-4596  
<http://www.mtmtys.co.jp/>

〒606-8305  
京都市左京区吉田河原町14  
京都技術科学センター内

一般財団法人有機合成化学研究所

TEL 075-761-2890

FAX 075-761-2892

URL <https://www.organicsynthesis.jp/>

E-Mail [yukigoseiken@gmail.com](mailto:yukigoseiken@gmail.com)